ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA II

TEMAS SOBRE FORMAÇÃO DE CONCEITOS

ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA (ORG.)

Ensino de Ciências e Matemática II

ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA
(Org.)

Ensino de Ciências e Matemática II

Temas Sobre Formação de Conceitos

Cultura Acadêmica
Praça da Sé, 108
01001-900 – São Paulo – SP
Tel.: (0xx11) 3242-7171
Fax: (0xx11) 3242-7172
www.editoraunesp.com.br
feu@editora.unesp.br

CIP – Brasil. Catalogação na fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

E52

v.2

Ensino de ciências e matemática, II : temas sobre a formação de conceitos / Ana Maria de Andrade Caldeira (org.). – São Paulo : Cultura Acadêmica, 2009.

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7983-041-9

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Matemática – Estudo e ensino. 3. Professores de ciência – Formação. 4. Ciência – Estudo e ensino – Filosofia. 4. Ciência – Aspectos sociais. I. Caldeira, Ana Maria de Andrade.

09-6238. CDD: 507
CDU: 5(07)

Este livro é publicado pelo Programa de Publicações Digitais da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

Editora afiliada:

Asociación de Editoriales Universitarias de América Latina y el Caribe

Associação Brasileira de Editoras Universitárias

Sumário

Apresentação

O Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, sediado na Faculdade de Ciências da Unesp, iniciou suas atividades em 1997, sendo um dos primeiros a se credenciar junto à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), na área de ensino de Ciências e Matemática. As primeiras dissertações concluídas no Programa foram defendidas a partir de 1999, tendo sido até hoje homologadas um total de 187 dissertações de mestrado e 25 teses de doutorado. Desde o seu início, o Programa vem implementando parcerias nacionais e internacionais com grupos de pesquisa e instituições diversas e programas interinstitucionais financiados pela Capes, como o Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (Procad) e os Programas de Doutorado Interinstitucional (Dinter) e, em nível internacional, com universidades da França, de Portugal e da Colômbia.

O núcleo de pesquisa do Programa concentra-se em estudos sobre a Ciência, a educação científica e nas relações entre o saber científico e seu ensino. Assim, incentiva a reflexão sobre os processos envolvidos na construção dos conhecimentos científicos e tecnológicos, além de contribuir para a produção de um corpo de conhecimentos filosóficos, científicos e pedagógicos destinados à formação de professores e outros profissionais da área.

Seis linhas de pesquisa integram o Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência: 1) Filosofia, História e Sociologia da Ciência no ensino de Ciências; 2) Ensino de Ciências em espaços não formais e divulgação científica; 3) Fundamentos e modelos psicopedagógicos no ensino de Ciências e Matemática; 4) Informática em Educação em Ciências e Matemática; 5) Linguagem,

discurso e ensino de Ciências; 6) Ciência, tecnologia, ambiente e desenvolvimento humano.

Este livro compreende diversos resultados de pesquisas que fazem parte de dissertações e teses desenvolvidas no Programa de Pós-Graduação sobre a temática de formação de conceitos científicos e matemáticos.

Para melhor compreensão da estrutura deste livro, os capítulos foram organizados em quatro partes, de acordo com a área conceitual a que se referem. Na primeira parte, *A formação de conceitos no ensino de Biologia e Química*, o capítulo 1, "Ensino de Ecologia: dificuldades conceituais e metodológicas em alunos de iniciação científica", apresenta uma análise sobre a construção de pesquisas de iniciação científica desenvolvidas por alunas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, envolvendo o conceito de sucessão ecológica e seu tratamento didático. No capítulo 2, "A centralidade do conceito de organismo no conhecimento biológico e no ensino de Biologia", busca elucidar o conceito de organismo por meio de discussões advindas da Filosofia da Biologia contemporânea e propõe o conceito de organismo como elemento integrador do conhecimento biológico e do ensino de Biologia. Em relação ao contexto de ensino, busca-se mostrar que a compreensão do organismo a partir de uma representação hierárquica escalar, na qual o organismo é considerado o nível focal das interações entre ambiente externo e interno, permite relacionar conceitos de diferentes níveis, favorecendo a integração do conhecimento biológico escolar. O capítulo 3, "Algumas interpretações historiográficas sobre a natureza química do princípio transformante no ensino", apresenta uma análise referente à abordagem histórica presente em alguns dos livros-texto de Genética e Bioquímica utilizados no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, bem como em publicações de História da Biologia, acerca da natureza química do material genético. O capítulo 4, " Corpo e vida nas representações de estudantes do Ensino Fundamental", discute as representações de alunos do Ensino Fundamental acerca do corpo humano e suas implicações no contexto do Ensino de Ciências. O capítulo 5, "A atividade prática no ensino de biologia: uma possibilidade de unir motivação, cognição e interação", apresenta uma análise de duas atividades práticas que constituíram uma sequência didática elaborada para o tratamento do conceito de Energia, na disciplina Biologia, aplicada a alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Jaú, interior de São Paulo. Procura apontar pistas sobre como o uso de atividades práticas no ensino de Biologia pode contemplar a relação cognição/motivação/interação, imprescin-

dível para uma aprendizagem efetiva e duradoura dos indivíduos. O capítulo 6, "Experimentos de pensamento e o Ensino de Ciências", trata da análise Experimentos de Pensamento, EP, que nos coloca, no mínimo, algumas exigências, como, por exemplo, a reorganização das aulas, a discussão sobre os conteúdos como corpos significativos de conhecimentos, além de considerar que é imperioso adotar nova postura de abertura frente aos fenômenos que nos cercam.

Na segunda Parte, *A Formação de conceitos no ensino de Matemática e Física*, o capítulo 7, "Um estudo exploratório sobre a formação conceitual em geometria de alunos do Ensino Médio", investiga a formação conceitual sobre polígonos e poliedros de alunos do Ensino Médio, em termos de atributos definidores, exemplos e não exemplos e das relações subordinadas e supra-ordenadas. O capítulo 8, "Análise semiótica sobre a compreensão de conceitos matemáticos na representação de espaços e significação de fenômenos naturais", investiga os signos matemáticos apreendidos pelos alunos por meio de análise e reflexão dos conceitos que emergiram das situações-problema desencadeadas das atividades envolvendo canteiros (I e II) de plantas. Esses espaços foram elementos mediadores para a integração dos conhecimentos da Matemática e das Ciências da Natureza. O capítulo 9, "As etapas do tempo crítico da psicanálise, o processo dialético e o perfil epistemológico: estratégias de ensino que podem subsidiar o pesquisador na avaliação do processo de aprendizagem", apresenta algumas estratégias de ensino que envolveram estudantes do curso de licenciatura em Física da Unesp/Bauru em que foram estudados os principais tópicos do eletromagnetismo. O capítulo 10, "Uma estratégia de ensino inspirada em Lakatos com orientação racional por meio de uma reconstrução racional didática", propõe uma nova estratégia para o ensino de Física que inclui a Reconstrução Racional Didática (RRD) com visão filosófica implícita inspirada na epistemologia e reconstrução racional de Lakatos. A inclusão da RRD como um passo específico de uma estratégia de ensino lakatosiana tem a intenção de exemplificar situações racionais de comparação de teorias rivais e, com isso, preparar o aluno para posteriores debates entre concepções rivais alternativas e científicas, de modo a auxiliar o aprendizado destas últimas. O capítulo 11, "Textos históricos de fonte primária – contribuições para a aquisição de subsunçores pelos estudantes para a formação do conceito de carga elétrica", traça, por meio da inserção da História da Ciência no ambiente escolar, algumas considerações sobre como a discussão de textos históricos de fonte primária pode auxiliar os alunos na compreensão do conceito de *carga elétrica*.

Na terceira parte, *Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e ensino de Ciências*, o capítulo 12, "TV digital, t-learning e edutretenimento", apresenta para a consideração e discussão uma conceituação básica de TV digital e edutretenimento e sua utilização para a produção de conteúdos audiovisuais que compartilhem os conceitos e modelos propostos pelo t-learning como alternativa viável para a produção de programas educativos via TV digital. O capítulo 13, "A construção de um objeto de aprendizagem como exemplo de transposição didática de um conteúdo de Ciências", traz o desenvolvimento do conteúdo do OA "Do alimento à digestão" (Affonso, 2008), embasado na teoria da transposição didática, utilizando-se para tal o *design* instrucional e a confecção de um mapa conceitual, bem como o impacto do uso do OA na escola.

Na quarta parte, *Formação de conceitos na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTS(A)*, o capítulo 14, "Temas sociocientíficos e a prática discursiva em sala de aula: um estudo no Ensino Médio", explora e analisa, as perspectivas e críticas da abordagem CTS(A) defendendo um olhar mais cuidadoso para o desenvolvimento das habilidades de criticidade e leitura do mundo por meio da prática discursiva em sala de aula. O capítulo 15, "Ensino de ciências para cidadania a partir do desenvolvimento de habilidades de negociação em estudantes de Ensino Médio", descreve uma pesquisa sobre as habilidades de negociação desenvolvidas pelos estudantes de Ensino Médio ao participarem de uma simulação educativa sobre as implicações sociais e ambientais do uso de etanol como fonte de energia.

Parte I

A formação de conceitos no ensino de Biologia e Química

1
Ensino de Ecologia: dificuldades conceituais e metodológicas em alunos de iniciação científica*

Fernanda da Rocha Brando[1]

Osmar Cavassan[2]

Ana Maria de Andrade Caldeira[3]

Introdução

A Ecologia estuda as relações mútuas que os seres vivos estabelecem entre si e com o ambiente físico. Esse objeto de estudo, baseado nas interações que ocorrem no mundo natural, abarca uma grande gama de conceitos biológicos e lhe confere um papel importante no ensino de conceitos científicos. O entendimento dos diferentes fenômenos que englobam essas relações e interações entre seres vivos (incluindo o homem) e os componentes abióticos é amplamente discutido à luz de teorias ecológicas.

No contexto escolar, esse entendimento é imprescindível. O aluno em formação precisa apropriar-se da linguagem e dos conceitos científicos para desenvolver atitudes responsáveis e postura crítica frente às diferentes problemáticas ambientais, as quais vem confrontando diariamente (Fracalanza, 1992).

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: frochabrando@fc.unesp.br.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Ciências Biológicas e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: cavassan@fc.unesp.br.

3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br.

* Apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (*Fapesp* – Projeto Biota).

Considerando a importância e a necessidade de explorar os conceitos ecológicos de maneira adequada no contexto de ensino, é indispensável discutirmos sobre o papel do livro didático como recurso de leitura influenciador da prática de ensino na sala de aula, pelos professores, e da aprendizagem de conceitos, pelos alunos. Para Krasilchik (1996), o livro didático é o principal instrumento de trabalho do professor, e muitas vezes acaba determinando o conteúdo dos cursos e a metodologia usada na sala de aula, porém valorizando um ensino técnico e informativo, com reforço de estereótipos, ausência de contextualização, erros conceituais e outros. Weissmann (1998) ressalta que o ensino de Ecologia tem sido seriamente comprometido pelas estratégias metodológicas utilizadas em sala de aula, que transformam o aluno em elemento passivo, dependente de uma síntese de informações, conteúdos prejulgados escolhidos pelo professor atrelados a livros-textos que, além de apresentarem os conceitos de forma fragmentada, abordam os conhecimentos científicos totalmente desvinculados do cotidiano e da realidade local na qual os alunos estão inseridos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a trajetória percorrida por alunas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas no processo de iniciação científica, envolvendo o conceito de sucessão ecológica e seu tratamento didático. A avaliação foi realizada por meio do acompanhamento dos projetos de pesquisa.

O conceito de sucessão ecológica

O conceito de sucessão foi inicialmente desenvolvido pelo botânico Clements (1916), que a definiu como sendo uma sequência de comunidades de plantas marcadas por mudanças de formas de vida de simples para complexas. Ele considerava a comunidade como um superorganismo, e a sucessão ecológica como sendo um processo determinista e organizado, similar ao desenvolvimento de um organismo, culminando no clímax ou estado final. A teoria de Gleason, por sua vez, proposta em 1926, ressaltava que o processo de sucessão seria muito menos determinista. As espécies surgiriam independentemente umas das outras, sendo que a própria ideia de um clímax final previsível e imutável era discutível. Clements concebia os estados

iniciais da sucessão ecológica como modificadores do ambiente para que os estados posteriores pudessem estabelecer-se (Pité & Avelar,1996).

Segundo Odum (1983), a sucessão ecológica seria o desenvolvimento do ecossistema, envolvendo mudanças na estrutura de espécies e processos da comunidade ao longo do tempo. Para Pinto-Coelho (2002), corresponderia a uma sequência de mudanças estruturais e funcionais na comunidade que seguiriam padrões mais ou menos definidos, atingindo-se um equilíbrio dinâmico (clímax).

A sucessão ecológica pode ser classificada em sucessão primária e sucessão secundária. Segundo Pité & Avelar (1996), a sucessão primária compreende um conjunto de estados, envolvendo lugares onde não existem seres vivos, mas que serão colonizados por estes, passando por estágios transitórios até atingir um estado mais durável, que poderá permanecer até uma nova perturbação. A sucessão secundária aconteceria em substratos que anteriormente já abrigaram uma comunidade, tendo consequentemente um solo estratificado, onde teria ocorrido alguma perturbação, como fogo ou enchente. A diferença entre as duas estaria no fato de, na sucessão secundária, ser mais provável a presença de muitos dos seres vivos envolvidos sob a forma de sementes ou vindos de locais próximos. Ainda reforçam que "as comunidades não seriam estáticas, mesmo que nos pareçam assim quando vistas à nossa escala de tempo" (Pité & Avelar, 1996, p.192).

No contexto de ensino, o conceito de sucessão ecológica seria muitas vezes difícil de imaginar, pois, geralmente, os livros didáticos só contemplam exemplos em que a variável tempo apresenta-se de forma ampla, tal como: a explicação de sucessão a partir da rocha nua, a emergência de uma ilha vulcânica do interior de um oceano, a areia de uma nova duna, entre outros. Se evidencia a predominância de exemplos que exploram, na maioria das vezes, os fenômenos que ocorrem principalmente durante o processo de sucessão primária. Já exemplos em que o processo sucessional é mais facilmente visualizado pelos alunos, como a sucessão de organismos em um cadáver ou em uma fruta, são muitas vezes deixados de lado pelos professores (Pité & Avelar, 1996).

Publicações recentes (Begon et al., 2007, p.479) consideram sucessão ecológica "como um padrão de colonização e extinção de populações de espécies não sazonal, direcionado e contínuo em um dado local". Admitem ser um processo complexo, guiado principalmente por vários fatores que interagem simultaneamente. Deste modo, os efeitos de fatores como com-

petição, entrada de sementes, herbivoria de insetos e mamíferos e eventos estocásticos variam em importância de acordo com o estágio sucessional. A competição, por exemplo, não seria muito importante nos estágios de colonização, pois há poucos competidores presentes. No entanto, em comunidades maduras, a competição pode ser uma força importante. Similarmente, eventos estocásticos, como fogo, podem devastar comunidades nos primeiros estágios sucessionais, mas terão um efeito bem menor em comunidades maduras, em que as espécies podem ser grandes árvores adaptadas a incêndios periódicos, tais como algumas espécies vegetais do cerrado. Além disso, em um hábitat que pega fogo frequentemente, muitas espécies têm sementes resistentes a ele ou coroas radiculares que germinam ou brotam logo após um incêndio e rapidamente restabelecem suas populações (Ricklefs, 2003).

O conceito de sucessão engloba toda dinâmica que ocorre em um ecossistema, envolvendo as interações entre os fatores bióticos e abióticos, ciclos biogeoquímicos, fatores como tempo e espaço dentro de um gradiente evolutivo, enfim, a evolução de organismos, levando em consideração todos os fatores que o influenciam. Pité & Avelar (1996, p.199) reforçam que "todas as comunidades e guildas são constituídas por várias espécies, cada uma realizando o seu nicho ecológico, ligadas por relações competitivas e por relações tróficas e cuja presença pode mudar ao longo do tempo".

Tais temas não são comumente abordados no contexto de ensino quando o conceito de sucessão ecológica é apresentado. Muitas vezes, explora-se o conceito referindo-se apenas à substituição de espécies em um referido local, sem que seja considerada toda a dinâmica que o conceito envolve. Essa forma de abordagem acarreta uma distorção conceitual, pois os alunos podem vir a compreender o conceito como um processo linear e estático.

Metodologia da pesquisa

Durante o processo de orientação de pesquisas de iniciação científica, realizada por alunas do curso de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, que investigavam a apresentação de conceitos ecológicos em manuais didáticos para o Ensino Médio, foram evidenciados alguns problemas com a abordagem do conceito de sucessão ecológica. As alunas eram

integrantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, pertencente ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Unesp, *campus* Bauru.

As evidências apontadas foram registradas por meio de gravações autorizadas pelas alunas durante as reuniões de orientação das pesquisas.

O objetivo principal das pesquisas de iniciação científica foi estudar a apresentação do conceito de sucessão ecológica em manuais didáticos de Biologia para o Ensino Médio.

A pesquisa da Aluna 1 teve como objetivos: investigar como estão apresentados os conceitos centrais da Ecologia em manuais didáticos de Ensino Médio, principalmente aqueles relacionados com a sucessão ecológica; pesquisar se a forma de organização desses conceitos permite a construção de uma noção integrada e interativa dos conceitos abordados; propor uma sequência didática que permita o entendimento dos conceitos de maneira integrada.

A pesquisa de iniciação científica da Aluna 2 teve como objetivos: investigar a apresentação do conceito de sucessão ecológica em um livro didático de Biologia para o Ensino Médio; aplicar e analisar questionários referentes ao conceito de sucessão ecológica em alunos de Ensino Médio de uma escola pública do município de Bauru – SP.

As pesquisas foram se desenvolvendo a partir de uma problematização inicial, e as reuniões de orientação foram auxiliando as coletas e as análises de dados.

Utilizamos como dados do presente trabalho as fases do processo de orientação das duas monografias de iniciação científica desenvolvidas, a saber: problematização inicial; acompanhamento da pesquisa a partir das reuniões de orientação e entrevistas finais. Para análise dos dados, foram evidenciadas as seguintes categorias: cumprimento dos objetivos propostos, dificuldades conceituais e metodológicas e avanços conseguidos.

A construção de projetos de pesquisa sobre o conceito de sucessão ecológica

Durante a primeira reunião, foi apresentada como proposta de pesquisa a elaboração de material didático, complementar ou de apoio, sobre con-

ceitos ecológicos. Esta poderia ser desenvolvida a partir do levantamento e análise de conceitos ecológicos em manuais didáticos de Biologia para o Ensino Médio. Discutiu-se com as alunas a importância e a utilização de livros didáticos nas instituições escolares e a forma como esses materiais abordavam as questões e conceitos relacionados à Ecologia.

Problematização inicial

Partindo do princípio de que a Ecologia é uma ciência que estuda as interações e inter-relações entre os indivíduos e destes com o ambiente físico, as seguintes questões foram abordadas:

- Como os conceitos ecológicos estão organizados nos livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio? Essa organização permite ao aluno uma visão integrada, interativa, dos conceitos abordados?
- Os exemplos utilizados para ilustrar ou representar os conceitos ecológicos estão de acordo com a realidade da vegetação brasileira? Eles ilustram ou representam efetivamente os conceitos apresentados?
- Os exemplos utilizados demonstram altruísmo, antropomorfismo nas relações entre os seres vivos?

Solicitou-se que as alunas escolhessem manuais didáticos para levantamento e verificação das questões propostas. Diante do levantamento apresentado, estaríamos discutindo suas implicações para o ensino de Ecologia, podendo propor atividades didáticas a partir de novas abordagens.

Acompanhamento da pesquisa: as reuniões de orientação

As discussões acerca do levantamento inicial solicitado na primeira reunião e realizado pelas alunas são evidenciados a seguir:

> Aluna 1: Eu analisei um livro didático do AUTOR e uma apostila de um cursinho. Eu constatei que os tópicos eram muito... Os conceitos eram passados de forma muito fragmentada, os exemplos eram muito distantes dos alunos, tipo girafa, coisas que não fazem parte do nosso ambiente.

A pesquisadora explica a recorrente utilização de animais exóticos, presentes principalmente em formações africanas, para explicar os conceitos

ecológicos, em detrimento da utilização de animais presentes na fauna brasileira. Ressalta que ao analisar alguns conceitos ecológicos, poderíamos propor outras formas de abordagem, a fim de minimizar essa distorção presente nos manuais didáticos. Enfatiza que conceitos como o de sucessão ecológica geralmente são abordados de forma linear, apresentando suas fases como sequências de acontecimentos predeterminados e de forma estática, como se uma fase mudasse para outra de forma repentina, sem serem considerados todos os fenômenos que ocorrem durante essa modificação, e como se ocorressem em um curto espaço de tempo. As falas das alunas corroboram com o exposto:

> Aluna 1: Até nos livros [de Ensino Médio], eu fui ver agora, sucessão ecológica, os desenhos estão assim também. Passa do nada de uma forma para outra como se não houvesse muita coisa no meio.
>
> Aluna 2: De uma maneira rápida.

Para contrastar essas ideias presentes nos manuais didáticos analisados, que o fenômeno de sucessão ecológica pudesse ser observado em um curto espaço de tempo, a pesquisadora indaga como é essa abordagem nos livros de Ecologia utilizados durante a graduação. Uma delas responde:

> Aluna 1: Por exemplo, eu vi no livro [de graduação] que é difícil estudar esses processos pelo fato do tempo. Então eles seguem lugares distintos para conseguir dar uma sequência. Não é bem assim, de uma hora para outra.

A aluna tenta explicar que as referências utilizadas no contexto de graduação ressaltam a dificuldade de analisar empiricamente os processos que englobam a sucessão, por causa do fator tempo. Por isso, é recorrente, em livros didáticos, a utilização de exemplos extremos para ilustrar as mudanças que ocorrem entre as diferentes fases ou seres da sucessão, tais como uma pedra nua ou uma ilha na qual ocorreu uma erupção vulcânica.

A outra aluna comenta o problema do livro didático de Ensino Médio:

> Aluna 2: Quando eu estava na escola, era bem assim. Não dava para entender [...] eles [os professores] falavam de um jeito como se tudo fosse muito rápido. Mas ninguém falava "demora muito tempo", mas você ficava com a impressão de que é rápido.

A pesquisadora explica que, além dos exemplos utilizados nos livros didáticos de Ensino Médio não se referirem ao fator tempo, as ilustrações utilizadas remetem à ideia de um fenômeno rápido, no qual todas as fases do processo pudessem ser vista em curto espaço de tempo em um determinado local. Pergunta, então, se em uma mata, assim como a encontrada na Reserva Legal pertencente à Unesp – *campus* Bauru, característica do bioma cerrado, o processo de sucessão ocorreria. As duas alunas respondem, depois de pensar um pouco, que sim. A pesquisadora volta a perguntar como e em que momento isso ocorre. Depois de mais algum tempo, as alunas não conseguem responder. A pesquisadora ressalta a dificuldade para estabelecer tal relação. Uma das alunas responde:

> Aluna 2: Ah! Eu acho que a todo momento está ocorrendo sucessão. Não uma sucessão num sentido mais amplo, mas eu acho que vai...

A pesquisadora interrompe pedindo para aluna explicar o que significa "sentido mais amplo", e a aluna responde:

> Aluna 2: Ah! Não sei. Acho que sempre fica essa impressão que, sabe, a sucessão é em grande escala.

A aluna tenta explicar que a todo momento está ocorrendo a sucessão, mas que não paramos para pensar dessa forma, pois quando aprendemos esse conceito durante a escolaridade básica, ficamos com a impressão de que ela ocorre somente em grande escala visual. A pesquisadora questiona se, caso alguma árvore caísse na mata citada por motivos naturais, o que aconteceria. E a aluna responde:

> Aluna 2: Vai ter sol, as plantas vão crescer. Ela deixou, né, como fala?[...] é um banco de sementes, essas coisas, vai nascer. [...] Aquilo mudou o ambiente, vai mudar todas a interações ali.

Iniciaram-se assim as discussões acerca das características de plantas pioneiras ou não e que podem se desenvolver durante o processo sucessional. Mais adiante, a pesquisadora pergunta como poderíamos trabalhar o conceito de sucessão de maneira a minimizar as concepções distorcidas

verificadas. A Aluna 1 explica que seria necessário, em um primeiro momento, trabalhar com exemplos mais acessíveis à realidade do aluno, como a vegetação do cerrado, por exemplo.

Chegamos ao ponto da discussão que abarcava os elementos influenciadores do processo de sucessão ecológica, ao que uma das alunas responde:

> Aluna 2: Os abióticos.[...] Temperatura, umidade, luminosidade, o solo e também as próprias plantas.

A pesquisadora pergunta sobre os fatores bióticos, e a aluna responde:

> Aluna 2: As formas de dispersão de semente...

Faz-se necessário explicar às alunas que a partir do entendimento desses elementos ou fatores influenciadores do processo de sucessão, poderíamos entendê-los de forma mais dinâmica e menos linear. Mas transfere para as alunas o problema: como poderíamos trabalhar tais conceitos no Ensino Médio?

Em um primeiro momento, ocorre um grande silêncio, quebrado posteriormente por uma resposta tímida da aluna:

> Aluna 2: Por meio de aulas práticas, na escola...

Ao perceber que as ideias das alunas não se desenvolveriam da maneira esperada, a pesquisadora interfere explicando que deveriam consultar e utilizar textos produzidos por pesquisas nas áreas de Botânica ou Ecologia para subsidiar suas ideias na elaboração das pesquisas, sem, contudo, isto significar que estariam fazendo pesquisas nessas áreas específicas. É necessário que se utilizem as pesquisas acadêmicas dessas áreas para amparar as pesquisas em ensino. Para responder às perguntas conceituais que foram feitas às alunas, era preciso o domínio dos conceitos científicos, e as principais fontes desses conceitos são as pesquisas realizadas nas diferentes áreas específicas.

Para apresentar o andamento dos projetos, reunimo-nos novamente e discutimos o tema e as dificuldades encontradas, a fim de que pudéssemos propor novas soluções para saná-las. Discutimos a proposta feita pelas alu-

nas para a abordagem do conceito de sucessão ecológica no Ensino Médio a partir de um esquema e de um texto explicativo. A pesquisadora foi encaminhando o andamento do projeto, dando ênfase ao cumprimento dos objetivos propostos. Fez ressalvas em relação a um dos objetivos:

> Pesquisadora: Então, terceiro objetivo específico: propor uma sequência didática que proporcione essa abordagem de uma maneira integrada, que é a questão que vocês estão com maior dificuldade. Por que vocês estão com dificuldade?
>
> Aluna 2: Porque não sei...
>
> Aluna 1: Eu acho que a parte artística influencia.

As alunas se referiam ao desenho elaborado por elas. A ideia de criar um esquema em forma de desenho foi a mais propícia, diante dos problemas encontrados. Juntamente com o esquema figurativo e demonstrativo, foi criado por elas um texto explicativo para facilitar o entendimento do processo de sucessão ecológica, englobando as vertentes que esse conceito apresenta. Para a criação do esquema, foram utilizadas características e elementos do bioma cerrado, por considerarem o público alvo localizado na região de Bauru – SP, por que a vegetação predominante pertence a esse bioma torna o esquema mais próximo à realidade desses alunos.

A reunião prosseguiu tendo como base as informações contidas no esquema e textos explicativos proposto pelas alunas. A pesquisadora discute questões pertinentes, aponta os erros e propõem formas de corrigi-los:

> Pesquisadora: Quais são os processos ecológicos necessários para que ocorra a sucessão?
>
> Aluna 1: Condições favoráveis, dispersão de sementes ou frutos.
>
> Aluna 2: No cerrado, essas sementes podem estar no próprio solo, em situação de dormência.
>
> Aluna 1: Podem.

A pesquisadora ressalta que, por se tratar de temas que fazem parte do conceito de sucessão, as alunas deveriam referenciá-los melhor: falar os tipos de dispersão de sementes, condições favoráveis e desfavoráveis para a germinação e outros que forem requeridos.

As alunas relatam que essa é a parte mais difícil do projeto: elaborar uma proposta didática que supere as críticas feitas por elas.

Entrevistas individuais

As entrevistas individuais, realizadas ao final das pesquisas, foram norteadas por questões semiestruturadas, explorando principalmente as impressões das alunas quanto a elaboração da pesquisa de iniciação científica e as dificuldades encontradas. Apresentamos a seguir algumas questões e respostas pertinentes:

> Comente sobre a elaboração de um projeto de pesquisa.
>
> Aluna 1: [...] realizar, de pensar, de organizar as ideias, o texto explicativo, nossa, foi o mais complicado. Acompanhar as ideias do projeto, como seria feito, foi tranquilo. Mas, para desenvolver assim...
>
> Aluna 2: A elaboração de um projeto de pesquisa não é uma tarefa simples. É necessária muita leitura e reflexão sobre o tema do projeto.
>
> Quais foram suas maiores dificuldades durante a realização da pesquisa?
>
> Aluna1: Foram os resultados. Porque a gente tinha que aprofundar muito nos detalhes. Explicar bem detalhadamente [a explicação do processo de sucessão ecológica] para que as outras pessoas pudessem entender, e melhorar aquilo que já tem. Para mim foi o mais difícil. Ir atrás disso e perceber esses detalhes. Tentar arranjar uma solução para aquilo que eu estava propondo.
>
> Aluna 2: A maior dificuldade em minha pesquisa foi a fase de análise dos dados. [...] Por serem perguntas abertas, a análise das respostas foi complicada, pois era necessário muita atenção para que na leitura e separação das respostas em categorias, os conceitos dados pelos alunos não fossem interpretados por mim de maneira diferente do que eles realmente quiseram explicar.
>
> Comente suas impressões sobre a pesquisa antes e depois de realizá-la.
>
> Aluna 1: Eu já achava que era uma coisa bem complicada. Assim, até pensar em uma coisa que eu quisesse resolver ou... Mas eu achei que é possível e não é tão assim um bicho de sete cabeças. Mas porque eu tive uma orientadora, certo? Que direcionou e tal...
>
> Aluna 2: Antes de iniciar a pesquisa, eu não tinha ideia de que fazer uma pesquisa qualitativa seria tão complicado. A subjetividade das respostas dos alunos acerca do tema, a maneira de confeccionar um questionário claro e objetivo, escrever artigos sobre a pesquisa, são coisas muito complicadas a princípio, mas com uma boa explicação dada pelo orientador sobre como devemos proceder em cada um desses itens, essas tarefas ficam mais fáceis e compensadoras, quando enfim chegamos aos nossos objetivos.
>
> Você fez uma análise sobre a apresentação de conceitos ecológicos em livros didáticos para o Ensino Médio. Em relação a esses conceitos, comente sobre:

- suas concepções prévias (como você entendia esses conceitos);
- suas concepções após a pesquisa (como você passou a entender esses conceitos).

Aluna 1: Então, a minha ideia é praticamente igual à da maioria. Para mim é esse negócio mesmo: sucessão é isso. Mas não entendendo como um todo assim, sabe, interligando com um monte de coisas, com outros tipos de interação. Para mim, era aquela coisa estática mesmo. Tanto é que eu nem entendia muito bem o que era a sucessão ecológica [...] Agora, entender tudo... eu acho que não, mas deu para clarear bem mais [...]

Aluna 2: Anteriormente à pesquisa e ao grupo de estudos, eu não tinha noção da maneira como os conceitos biológicos são apresentados nos livros didáticos. Após a leitura de alguns trabalhos, comecei a olhar os livros didáticos de outro modo. O tema da minha pesquisa [sucessão ecológica], por exemplo, é retratado em muitos livros didáticos como sendo um fenômeno simples, com fases estanques, sem fazer relações com outros processos que ocorrem em uma comunidade, como fluxos de energia, a relação das fases sucessionais com fatores abióticos, como a composição do solo, o regime climático do local, a posição geográfica, a fragmentação do local. Os livros não citam a participação dos animais no processo. Os exemplos passados são, em sua maioria, internacionais. Por exemplo, sucessão ecológica em florestas de coníferas. Anteriormente à pesquisa, esses conceitos, para mim, eram exatamente os retratados nos livros, eu não tinha a visão de que existe uma interação entre muitas coisas do ambiente, eu tinha a impressão de que as coisas ocorriam separadamente, ou quando eu achava que existia relação entre os processos, eu não conseguia fazer extrapolações que não eram retratadas nos livros. A meu ver, tudo que estava escrito nos livros eram verdades absolutas, assim eu não via o porquê de discordar de nada do que estava escrito. Depois da pesquisa, minha impressão sobre os conceitos mudou muito. [...] Agora eu vejo que muitos autores, para tentar facilitar a compreensão dos alunos, diminuem os conceitos ao máximo, simplificam muito, dividem os conceitos em fases que não existem na natureza, achando que a explicação ficará mais didática. Jogam o conteúdo no livro sem explicar o porquê das teorias mais aceitas pelos pesquisadores serem a X e a Z, e não a Y, fazendo com que os alunos realmente não pensem sobre o assunto.

Análise dos dados

A partir das fases descritas sobre as orientações realizadas, estruturamos as categorias estabelecidas para análise dos dados.

Cumprimento dos objetivos propostos

De acordo com as discussões colocadas durante as reuniões e os resultados apresentados pela Aluna 1 em sua monografia de iniciação científica, podemos considerar que os objetivos propostos foram realizados. A aluna apresentou análise de dois manuais didáticos de Ensino Médio, sendo um livro didático e uma apostila de cursinho. De acordo com sua análise, os manuais apresentavam os conceitos ecológicos de forma fragmentada, e os conceitos, de maneira isolada, não permitindo que fossem entendidos de forma integrada. Além disso, os exemplos que ilustravam tais conceitos não pertenciam à nossa flora ou fauna, muitas vezes reportando aos animais presentes nas savanas africanas, como girafas. Apresentou uma sequência didática com esquema ilustrativo e texto de apoio para seu entendimento. A presença de exemplos estrangeiros para ilustrar fenômenos biológicos em livros didáticos brasileiros foi discutida por Pinheiro da Silva & Cavassan (2005).

A Aluna 2 apresentou análise de um livro didático para o Ensino Médio utilizado por alunos de uma escola pública do município de Bauru – SP, os quais participaram de um questionário que explorava suas concepções acerca do conceito de sucessão. Fez apontamentos referentes aos esquemas e textos apresentados, ressaltando que essa apresentação permite ao aluno entender o conceito de sucessão ecológica como um processo linear e estático determinado pelo clima. Além disso, apontou que a falta de ilustrações e referências aos animais pode permitir aos alunos entendê-los como simples coadjuvantes do processo, e não como indivíduos ativos na dispersão de frutos e sementes, muitas vezes facilitadores do processo. Ao analisar as concepções dos alunos sobre o conceito de sucessão, inferiu que a forma com que o livro didático aborda o tema influencia diretamente a concepções dos alunos. Ao estabelecer categorias para análise dos dados, a aluna evidenciou que o entendimento do conceito como "transformação que vai do simples para o complexo" ou "de um lugar inóspito para um lugar com vida" apresenta correspondência nas figuras e nas abordagens contidas no livro didático.

Dificuldades conceituais

Durante as reuniões de orientação, as alunas referiram-se à apresentação do conceito de sucessão como uma abordagem estereotipada, visto que os

exemplos apresentados exploravam, principalmente, o processo de sucessão que ocorre em lugares inóspitos, como uma rocha nua, uma ilha depois de uma erupção vulcânica, a areia de uma duna. Pité & Avelar (1996) explicam que muitas vezes a sucessão ecológica é inferida, e não observada diretamente, pois em alguns casos o processo pode demorar alguns anos para ocorrer, e em outros, como em sucessões primárias, mil anos:

> Nesses casos, assume-se que se pode observar os vários estados em locais distintos, que começaram o processo em épocas diferentes. Assim, o mosaico espacial atual reproduz (teoricamente) a sequência temporal de fases. Noutras situações (sucessões em pequenos charcos, cadáveres, rochas na zona interdital, frutos caídos etc.) a sucessão decorre num período mais curto e pode ser observada diretamente e até manipulada experimentalmente (Pité & Avelar, 1996, p.192).

O fato de não podermos observar diretamente o processo de sucessão ecológica, pelo fator tempo, salientado pelas autoras Pité & Avelar (1996), foi conflitante para as alunas. Elas relatam:

Aluna 1: Por exemplo, eu vi no livro [de graduação] que é difícil estudar esses processos pelo fato do tempo. Então eles seguem lugares distintos para conseguir dar uma sequência. Não é bem assim, de uma hora para outra.

Aluna 2: Quando eu estava na escola, era bem assim. Não dava para entender [...] eles [os professores] falavam de um jeito como se tudo fosse muito rápido. Mas ninguém falava "demora muito tempo", mas você ficava com a impressão de que é rápido.

O entendimento do conceito de sucessão ecológica como um processo de substituição de comunidades mais simples para comunidades mais complexas é muito presente nas concepções de alunos, como evidenciou a pesquisa da Aluna 2. Pité & Avelar (1996, p.193) explicam que:

> A noção de sucessão como um processo ordenado que tende para comunidades mais complexas, mais eficazes e mais estáveis [...] são padrões baseados nos tipos de sucessão que dão origem a comunidades complexas como florestas e não são aplicáveis nem a sucessão secundárias em matéria orgânica morta como frutos caídos ou cadáveres, nem a sucessões em pedras na zona das marés.

Ao ser questionada a respeito de estar ou não ocorrendo sucessão na vegetação local (cerrado) e como ela poderia ocorrer, uma das alunas evidenciou as mesmas dificuldades, relatando que:

Aluna 2: Ah! Eu acho que a todo momento está ocorrendo sucessão. Não uma sucessão num sentido mais amplo, mas eu acho que vai...

E depois, ao ser indagada pela pesquisadora sobre o que significaria "sentido mais amplo", a aluna responde:

Aluna 2: Ah! Não sei. Acho que sempre fica essa impressão que, sabe, a sucessão é em grande escala.

Ao comentarem que elas mesmas entendiam o conceito de sucessão ecológica como um processo linear e estanque, as alunas evidenciaram as dificuldades para a compressão do conceito. As alunas discorreram:

Aluna 1: Então a minha ideia é praticamente igual à da maioria. Para mim é esse negócio mesmo: sucessão é isso, mas não entendendo como um todo assim, sabe, interligando com um monte de coisas, com outros tipos de interação. Para mim era aquela coisa estática mesmo.

Aluna 2: Anteriormente à pesquisa, esses conceitos, para mim, eram exatamente os retratados nos livros. Eu não tinha a visão de que existe uma interação entre muitas coisas do ambiente. Eu tinha a impressão de que as coisas ocorriam separadamente, ou quando eu achava que existia relação entre os processos, eu não conseguia fazer extrapolações que não eram retratadas nos livros.

A dificuldade em entender os conceitos ecológicos que podem ser explorados a partir do conceito de sucessão está relacionada principalmente à forma como são abordados no contexto de ensino, tanto pelos livros didáticos quanto pelos professores de Educação Básica. Fica a impressão que a sucessão ecológica é um processo independente das interações ecológicas, do fluxo de energia que se distribui ao longo das cadeias alimentares, dos ciclos biogeoquímicos. Estes são abordados em momentos distintos, e poucas vezes encontramos referências que ressaltam a interdependência entre eles.

As distorções conceituais verificadas estão entre as razões colocadas por Pité & Avelar (1996, p.195) para ressaltarem que o conceito de sucessão ecológica é hoje encarado com mais reserva. Para as autoras, muitas vezes prefere-se a utilização do termo "dinâmica da vegetação" (ou da comunidade, ou do ecossistema), por não carregar tantos pressupostos teóricos, não

procurando teorias globalizantes, mas expondo os mecanismos dos vários tipos de sucessão. Colocam que o processo da sucessão ecológica depende de três fatores principais que vão condicionar o resto:

> (1) um local onde possa ocorrer; (2) espécies que aí possam surgir, ou porque já estavam presentes sob forma de sementes, ovos, etc., ou porque lá conseguiram chegar; (3) características das espécies presentes, em termos de suas tolerâncias físicas, dos seus padrões de sobrevivência e reprodução, das suas capacidades competitivas, etc. Estes fatores determinarão quem substituirá quem, quando e como (Pité & Avelar, 1996, p.195-196).

A partir do momento que tais pressupostos não fazem parte do repertório conceitual de alunos em formação inicial, dificilmente serão explorados durante o ensino. Foi necessário às alunas explorarem o conceito de sucessão ecológica como objeto de pesquisa para que pudessem entendê-lo melhor.

Dificuldades metodológicas

As principais dificuldades encontradas pelas alunas ao desenvolverem suas pesquisas foram explanadas ao longo do processo e durante as entrevistas individuais finais.

Durante o processo de orientação das pesquisas, foi recorrente a problemática de trabalhar esse conceito com alunos de Ensino Médio, de maneira a minimizar as concepções distorcidas apresentadas. As alunas evidenciavam dificuldades em propor algo que suprisse as distorções conceituais apontadas nos livros didáticos, e assim foi necessária uma intervenção mais enfática da orientadora, sugerindo a elaboração de um esquema interpretativo.

Percebemos que as dificuldades metodológicas estão relacionadas à organização e análise dos dados da pesquisa qualitativa, buscando cumprir os objetivos propostos. A colocação sobre a pertinência de uma orientação dirigida, ressaltando seus pontos positivos, reforça a necessidade desse profissional durante a elaboração de pesquisas, ainda mais quando nos referimos às pesquisas qualitativas que exploram o contexto educacional e que se referem a uma interface metodologia/conceitos científicos. A maioria dos alunos se engaja em pesquisas laboratoriais quantitativas logo no início do curso, e as poucas oportunidades de desenvolverem pesquisas sobre ensino

acabam sendo desperdiçadas. O aluno que frequenta um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas deve, além de dominar os conceitos específicos dessa ciência, saber explorar as diversas formas de transposição didática, pois serão futuros professores.

Avanços conseguidos

Percebemos na análise dessa categoria que avanços conseguidos, ou não, estão relacionados às categorias Dificuldades Conceituais e Dificuldades Metodológicas. Percebemos que Aluna 1 apresentou durante todo o processo dificuldades em relação à compressão do conceito de sucessão ecológica. Pareceu muito difícil à aluna desenvolver a parte teórica e prática da pesquisa, que consistia na exploração do conceito teoricamente, no levantamento de dados da vegetação específica (cerrado) e principalmente na organização desses elementos em um esquema e texto explicativo sob nova abordagem. Neste contexto, o material didático apresentado em cumprimento dos objetivos propostos pela Aluna 1 teve efetiva participação da Aluna 2. Esse trabalho foi relevante para o trabalho de ambas, pois durante sua elaboração, as alunas discutiram questões pertinentes para a proposição do esquema que pudesse minimizar as críticas feitas por elas nos exemplos analisados.

Ao realizar pesquisa com os alunos do Ensino Médio, a Aluna 2 colocou à prova suas próprias concepções e teve que recorrer à teoria para embasar as hipóteses levantadas acerca das concepções dos alunos.

É possível perceber que a Aluna 1 apresentou, ainda na entrevista individual final, restrições ao entendimento do conceito de sucessão. Já a Aluna 2 se colocou com maior entendimento do conceito, mesmo sobre sua interdependência com outros conceitos ecológicos e biológicos, sua abordagem no contexto de ensino, arriscando até uma reflexão a cerca da epistemologia da ecologia, referindo-se às diversas teorias defendidas pelos pesquisadores da área.

Conclusões

A pesquisa realizada permite-nos tecer algumas conclusões sobre a formação de professores de Biologia.

Percebemos que o ensino de Ecologia tal como vem sendo ensinado na escolaridade básica não facilita a compreensão conceitual, pois os conceitos são abordados isoladamente, e não são dadas aos alunos possibilidades de os reagruparem em uma rede conceitual mais complexa, características de processos ecológicos e biológicos. Os alunos devem ser expostos a situações que permitam, ao final do estudo de um conceito que lhes foi apresentado por partes ou fases, o entendimento do processo como um todo. Se os principais meios dessa formação conceitual, isto é, os professores e os manuais didáticos, não lhes derem essa orientação, dificilmente conseguirão estipular relações mais complexas entre os fenômenos apresentados.

Ao longo das orientações, nos deparamos com as dificuldades metodológicas das alunas, como, por exemplo, ao propor um esquema e texto explicativo para o processo de sucessão ecológica. Foi possível perceber que as críticas feitas por elas aos manuais didáticos analisados tinham procedência, e realmente poderiam causar distorções conceituais. Mas, à medida que precisavam discutir teoricamente o conceito, faltavam subsídios para apresentação de propostas que suprissem essa distorção. Assim, evidenciaram-se as dificuldades conceituais, remetidas às próprias falhas de formação conceitual.

Apesar das dificuldades apontadas, podemos verificar que o trabalho de iniciação científica permitiu um exercício teórico metodológico importante na formação inicial dessas alunas. Entendemos que houve um avanço, principalmente porque as alunas objetivaram trabalhar conceitos ecológicos juntamente com a avaliação de materiais didáticos e a proposição de outras formas de ensinar. Tal conjunto de fatores deve servir de base para outros trabalhos da mesma natureza, pois demonstram uma potencialidade de articular elementos fundamentais para o exercício de transposição didática.

Referências bibliográficas

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. *Ecologia:* De Indivíduos a Ecossistemas. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 740p.

FRACALANZA, D. C. *Crise ambiental e ensino de Ecologia:* o conflito na relação homem e mundo natural. 1992. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Educação. Campinas, SP, 1992.

KRASILCHIK, M. *Prática de Ensino de Biologia.* São Paulo: Harbra ltda., 1996. 267p.

ODUM, E. P. *Ecologia.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983, 434p.

PINHEIRO da SILVA, P. G.; CAVASSAN, O. A influência da imagem estrangeira para o estudo da Botânica no Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,* Porto Alegre, v.5, n.1, 2005.

PINTO-COELHO, R. M. *Fundamentos em Ecologia.* Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

PITÉ, M. T.; AVELAR, T. *Ecologia das populações e das comunidades. Uma abordagem evolutiva do estudo da biodiversidade.* Lisboa: Edição da Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 315p.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503p.

WEISSMANN, H. *Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões.* Porto Alegre: ArtMed, 1998. 244p.

2
A centralidade do conceito de organismo no conhecimento biológico e no ensino de Biologia*

Fernanda Aparecida Meglhioratti[1]
Charbel N. El-Hani[2]
Ana Maria de Andrade Caldeira[3]

Introdução

Apesar de parecer óbvio para o *senso* comum que a Biologia tem como um de seus principais objetos de estudo o organismo, vários autores têm argumentado que, de forma geral, este perdeu seu papel central nessa nessa Ciência devido à crescente ênfase nos aspectos moleculares e ao fato de a Biologia Evolutiva darwinista não ter atribuído, desde Darwin e pela maior parte do século XX, um papel explicativo claro ao organismo em sua estrutura conceitual (Lewontin, 1978, 2002; Goodwin, 1994; Feltz, 1995; Webster e Goodwin, 1999; El-Hani e Emmeche, 2000; Ruiz-Mirazo et al., 2000; Gutmann e Neumann-Held, 2000; El-Hani, 2002; Sepúlveda, Meyer e El-Hani, no prelo). Segundo Ruiz-Mirazo et al. (2000), as pesquisas biológicas atuais estão focalizadas em níveis mais restritos que o organismo, tais como a Biologia Molecular e a teoria evolutiva genecêntrica, ou em níveis mais globais, como em algumas partes da Biologia Evolutiva e da Ecologia.

---

1 Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Docente do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. E-mail: meglhioratti@gmail.com.
2 UFBA – Universidade Federal da Bahia. Coorientador e Docente do Instituto de Biologia. E-mail: charbel.el-hani@pesquisador.cnpq.br.
3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: anacaldeira@f.unesp.br.
* Apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

A Biologia Molecular tem sido caracterizada, na maior parte de sua história, por um esforço em explicar os fenômenos orgânicos com base apenas em mecanismos moleculares, além de apoiar-se na noção de informação genética para compreender processos evolutivos e de desenvolvimento, sobretudo em termos do papel dos genes (Etxeberri e Umerez, 2006). Dessa perspectiva, o sucesso da Biologia Molecular na segunda metade do século XX terminou por criar a impressão de que todos os fenômenos biológicos poderiam ser suficientemente compreendidos por meio de explicações moleculares, conduzindo, assim, a uma via pela qual a biologia deixou de ser uma ciência do organismo.

No começo do século XXI, a Biologia Molecular parece estar se afastando, contudo, da visão reducionista que a caracterizou desde seu nascimento. Avanços recentes na Biologia Molecular e em outros campos que nasceram dela, como a genômica e a protêomica, têm levado a uma compreensão dos sistemas biológicos como redes informacionais complexas, que demandam, para sua compreensão, a adoção de uma perspectiva "sistêmica". Daí a onda atual de "biologia de sistemas" nesses campos (Ideker et al., 2001), frequentemente descrita como uma abordagem não reducionista (e.g., Chong e Ray, 2002; Kitano, 2002), ainda que um determinismo e reducionismo envergonhados possam ser ainda detectados em trabalhos ditos "sistêmicos" (cf. Leite, 2007) e não seja muito claro o que significa, de fato, a chamada "biologia de sistemas", que tem ganhado atualmente tanta prevalência (Keller, 2005). Embora as investigações sobre sistemas moleculares e celulares tenham de fato aumentado sua escala espacial, trabalhando em níveis mais elevados de organização, não parece haver qualquer tendência clara na biologia de sistemas de retomada do organismo como objeto prioritário de estudo.

Até mesmo a teoria sintética da evolução é marcada pela tendência de ver o organismo como um objeto meramente passivo, sem qualquer influência ativa sobre o mundo físico externo (El-Hani, 2002; Lewontin, 2000; Lewontin, 2002). Lewontin discute como a adesão da biologia moderna a uma compreensão da adaptação baseada em uma visão unilateral da relação entre organismo e ambiente contribuiu para o deslocamento do organismo do foco de estudo da Biologia Evolutiva. O processo de mudança evolutiva tem sido usualmente concebido de tal maneira que o organismo apresenta "soluções" que não são produzidas por eles próprios,

mas por mecanismos de origem de variações que são cegos às suas necessidades, para "problemas" produzidos por um ambiente externo, cuja dinâmica também não depende do organismo. Na síntese evolucionista, a importância dos organismos está relacionada ao fato de que eles variam. O organismo se torna um ponto de encontro passivo de forças alheias a ele próprio. Esse modo de compreender a adaptação implica a (na) visão simplista de que o ambiente se modifica por uma dinâmica própria, sem que sejam levados em conta os efeitos das atividades das formas vivas, que modificam o próprio ambiente em que vivem de maneira tanto a promover como a inibir sua própria vida e a de outros organismos. Pode-se entender, então, como, de acordo com a visão que tem sido dominante na Biologia Evolutiva, o organismo constitui o nexo passivo de forças externas (as condições ambientais que estabelecem pressões seletivas) e internas (os mecanismos de produção de variação), independentes umas das outras. Esse foi outro caminho pelo qual a Biologia perdeu seu caráter de uma ciência do organismo.

Lewontin considera que as interações entre organismos e ambiente são muito mais complexas do que proposto nessa visão dominante. Elas apresentam, em sua visão, um caráter dialético, ou seja, organismos e ambiente exercem uma influência recíproca sobre suas dinâmicas. Para esse autor, a evolução pode ser mais adequadamente descrita como um processo no qual a evolução dos organismos conduz à resolução de problemas que são, em certa medida, postos pelos próprios organismos ao modificarem o ambiente em que vivem, o que faz com que os problemas que necessitam de solução mudem gradualmente à medida que os organismos evoluem. Trata-se de um processo de coevolução dos organismos e de seus ambientes. A partir de tal visão sobre o processo evolutivo, os organismos adquirem um papel central na construção das explicações sobre sua evolução.

Na visão de Lewontin (2000, 2002), para compreender o organismo, devem-se considerar fatores internos a ele que não estão restritos aos genes. A ontogenia de um organismo é consequência de uma interação singular entre seus genes, a sequência temporal dos ambientes externos aos quais está sujeito durante a vida e eventos aleatórios que têm lugar em interações moleculares e celulares ao longo do processo ontogenético. Dessa forma, existem situações em que as características apresentadas pelos organismos não são consequência nem da variação genética nem do ambiente externo.

Lewontin (2002) também tece interessantes considerações sobre a definição de ambiente. Para esse autor, existe uma confusão entre a assertiva correta da existência de um mundo físico externo a um organismo (que continuaria a existir mesmo na ausência de vida) e a afirmação incorreta de que existe ambiente sem organismo. Em sua visão, o ambiente de um organismo é formado pelas condições externas que são para ele relevantes. Portanto, não existe ambiente sem organismo nem organismo sem ambiente. Os organismos, além de determinarem os fatores relevantes de seu ambiente, também constroem ativamente um mundo à sua volta, alterando constantemente o próprio ambiente.

Webster e Goodwin (1999, p.495, tradução nossa) destacam a importância de se pensar o organismo a partir de suas próprias características:

> Uma das maiores consequências de uma conceituação de organismos como estruturas ou totalidades auto-organizadas é [...] a reafirmação do organismo como o próprio objeto da pesquisa biológica: um objeto real, existindo em seu próprio modo e explicado em seus próprios termos.

Desse modo, eles enfatizam a importância de se ter na devida conta o organismo como um elemento central do conhecimento biológico. A redução das explicações biológicas a explicações puramente químicas e físicas faz com que a Biologia perca seu *status* de campo de conhecimento específico. Há, contudo, boas razões para defender a autonomia epistemológica e metodológica da Biologia (ainda que não sua completa independência em relação à Física e à Química) (Mayr, 1982). Explicações físicas e químicas são necessárias, mas não suficientes para a compreensão dos fenômenos vitais, em vista da organização dos sistemas biológicos. Para compreender a dinâmica dos sistemas vivos, é preciso considerar sua organização, que comporta vários níveis de complexidade hierárquica, assim como a existência de propriedades que emergem no organismo devido a certos tipos de padrões organizacionais.

Quanto à abordagem do conhecimento biológico no contexto do ensino, pesquisas sobre o Ensino de Biologia têm apontado uma tendência de enfatizar aspectos moleculares. Tem sido mostrada em alguns estudos a existência de uma tendência reducionista no conhecimento escolar de Biologia, no qual geralmente se enfatiza a unidade da vida em níveis moleculares e celulares, sem esforço similar para a construção de uma compreensão in-

tegrada dos seres vivos em níveis acima do celular (Kawasaki e El-Hani, 2002a; Kawasaki e El-Hani, 2002b; Coutinho, 2005; Silva, 2006). Diante dessa situação, vale a pena investigar se o Ensino de Biologia pode beneficiar-se da explicitação do conceito de organismo como elemento central no conhecimento biológico.

A partir das teses de que o conceito de organismo tem papel central, estruturador do conhecimento biológico, e de que a compreensão dos sistemas vivos demanda abordagens não reducionistas, uma vez que explicações moleculares não são suficientes para dar conta da compreensão dos fenômenos biológicos, este artigo se propõe a: 1) elucidar o conceito de organismo por meio de discussões advindas da Filosofia da Biologia contemporânea, por meio da integração dos conceitos de níveis hierárquicos de organização, sistemas auto-organizáveis, autonomia agencial e propriedades emergentes; 2) discutir o conceito de organismo como elemento integrador do conhecimento biológico e do ensino de Biologia.

O organismo como unidade autônoma, coletiva e evolutivamente construída

Segundo Ruiz-Mirazo et al. (2000, p.210), o termo "organismo" expressa a ideia de seres vivos em oposição a uma visão global de vida, enfatizando aspectos de autonomia e a capacidade do sistema biológico de criar significado. Esse termo faz referência ao tipo de organização encontrada em seres vivos, ficando nele subentendido que os seres vivos se diferenciam da matéria inanimada pela forma como seus componentes estão organizados, e não pelos tipos de componentes.

Como forma de explicitar um conceito de organismo que seja condizente com os debates contemporâneos na Biologia Teórica ou Filosofia da Biologia e que indique um padrão organizativo do ser vivo, ressalta-se neste artigo a centralidade desse conceito por meio de uma abordagem hierárquica das estruturas e dos processos biológicos. O entendimento dos seres vivos mediante níveis hierárquicos de complexidade é comum nas Ciências Biológicas (Ruiz-Mirazo et al., 2000). Entre outros fatores, isso ocorre devido ao fato de essas ciências estenderem suas investigações desde uma perspectiva micro (por exemplo, do ambiente celular e genético) até as

dimensões macro (como no caso de populações e ecossistemas). Entre os conceitos mobilizados por essa abordagem hierárquica, temos os de fechamento organizacional, autonomia agencial e propriedades emergentes, que constituem, juntos, uma base heuristicamente poderosa para a compreensão do organismo.

Conceitos fundamentais na compreensão do organismo

O organismo como um sistema organizacionalmente fechado

O organismo pode ser concebido como um sistema que possui um fechamento organizacional. Dessa forma, a elucidação do conceito de organismo está relacionada à compreensão do conceito de sistema, o qual se refere à percepção e/ou à formação de um limite que determina os componentes, de tal maneira que possamos individuar o sistema como um conjunto de componentes que estabelecem certa estrutura de relações e são por ela estabelecidos, diferenciando-se de um ambiente externo ao sistema.

A existência de um fechamento organizacional pode ser percebida por meio da manutenção de relações circulares entre as partes do sistema, que se sustentam mutuamente. É a manutenção desse fechamento organizacional que permite reconhecer cada ser vivo como único. Por exemplo, um animal se modifica durante sua vida, mas existem relações organizacionais que permitem não só distingui-lo do ambiente externo como também reconhecê-lo, apesar das transformações, como sendo o mesmo organismo. Portanto, reconhece-se cada organismo como um sistema parcialmente aberto a trocas de energia, matéria e informação, mas que se caracteriza pela manutenção de certas relações de organização. Nos sistemas vivos, faz parte desse padrão organizacional a existência de uma barreira dinâmica que separa o organismo de seu ambiente. Nos organismos unicelulares, essa barreira é a membrana celular e, em muitos deles, também uma parede celular. Nos multicelulares, apesar da existência da membrana celular delimitando cada célula que o constitui, a separação do organismo em relação ao seu ambiente ocorre por meio da formação de outras barreiras, como, por exemplo, a pele (que, obviamente, também é formada por células)[4].

4 Não se pode deixar de mencionar, entretanto, que existem dificuldades no reconhecimento de casos fronteiriços, por exemplo, no caso dos organismos coloniais.

Uma vez delimitado o organismo, pode-se definir em termos gerais o que faz parte de sua constituição e o que não faz. Três níveis hierárquicos podem ser assim reconhecidos: o ambiente externo (ecológico-evolutivo); o organismo; o ambiente interno (componentes tissulares e celulares – no caso de organismos multicelulares – e também moleculares).

Da auto-organização à autonomia agencial

O fechamento organizacional está relacionado ao conceito de auto-organização, ou seja, à formação e à organização de uma estrutura ordenada a partir da interação das partes do próprio sistema. Moreno (2004) distingue três sentidos para o conceito de auto-organização: a) *geral*, designando conjuntamente os fenômenos de formação espontânea de ordem dinâmica; b) *autonomia*, quando o sistema é capaz de ser mantido de forma adaptativa, exercendo suas ações funcionais dentro de um ambiente variável; e c) *autonomia coletivamente organizada*, ou seja, os sistemas biológicos inseridos em níveis superiores de organização, tais como populações e comunidades.

Moreno (2004) destaca que, no sentido *geral*, a auto-organização pode ser entendida como um fenômeno resultante da emergência de uma estrutura global e sistemática por meio de interconexões de unidades simples.

No sentido da *autonomia*, trata-se da capacidade do sistema de agir segundo leis e regras próprias. A ideia de autonomia requer uma identidade distinta, pressupondo não somente a distinção entre sistema e ambiente, mas também a possibilidade de essa distinção ser realizada pelo próprio sistema. Moreno (2004) dá como exemplo hipotético de *autonomia* o aparecimento de sistemas autônomos mínimos no ambiente pré-biótico da Terra, ou seja, de sistemas que seriam capazes de se autogerar recursivamente, formando um limite que os separava do ambiente, possibilitando a automanutenção dos sistemas em um entorno variável. Nesse ambiente pré-biótico, o grau de autonomia individual era maior do que aquele encontrado em qualquer um dos seres vivos que posteriormente surgiram no ambiente terrestre, já que os sistemas autônomos no ambiente pré-biótico não estavam inseridos em redes de relações com outros sistemas autônomos. Portanto, as primeiras formas autônomas, ao mesmo tempo em que tinham um grau elevado de autonomia, apresentavam também, por serem sistemas extremamente fechados em si mesmos, uma limitação quanto à possibilidade de aumento de complexidade. Dessa forma, para que fosse possível a evolução de sistemas

vivos diversificados, foi necessária a inserção de sistemas autônomos individuais em redes de conexão com outros indivíduos, daí emergindo níveis superiores da organização biológica, como comunidades e ecossistemas.

Especificando o conceito de autonomia para representar os sistemas vivos que se encontram integrados em níveis superiores de organização biológica, Moreno (2004) afirma que os seres vivos constituem um tipo especial de autonomia, aberta evolutivamente, e não restrita ao âmbito individual: a *autonomia coletivamente organizada*. Os organismos vivos são formados por meio da conexão histórico-coletiva e inseridos em um metassistema mais amplo, em uma escala tanto espacial quanto temporal, permitindo a origem de sistemas ecológicos capazes de reciclar componentes necessários à sustentação da organização individual de base. Assim, ao preço da perda de uma autonomia completa no nível individual, a metaorganização biológica permitiu a articulação de formas de vida de modo indefinidamente sustentável.

Etxeberria e Moreno (2007, p.30) refinam o conceito de autonomia nos seres vivos mediante a associação da autonomia com a capacidade de agência. Esses autores procuram diferenciar o que é o sistema, o *ser*, e o que é sua agência, o *fazer*. Para eles, a identidade do sistema deve aparecer como uma organização estável da qual derivam ações para o exterior do sistema, devendo-se distinguir entre processos *constitutivos* e *interativos*. Essa distinção é exemplificada por meio do fenômeno de bombeamento ativo de íons nas células:

> [...] o bombeamento ativo de íons é necessário para manter o funcionamento da célula (que, do contrário, explodiria como consequência de uma crise osmótica). Mas este bombeamento, que implica uma forma de "trabalho", porque é um transporte para a célula contra um gradiente de concentração, requer uma sub-organização interna de diferentes reações encadeadas. A célula mantém seu funcionamento graças ao bombeamento de íons (processo interativo), o qual requer um mecanismo interno (processo constitutivo), que, por sua vez, em escala temporal mais ampla, depende indiretamente da correta realização do processo de bombeamento. Em outras palavras, ainda que, em última instância, o fazer do sistema (re)genere recursivamente seu ser, tem de haver uma dupla escala temporal no processo, que permita falar de um sistema com identidade agencial. Este deve aparecer como uma forma de organização mais complexa do que as ações que se produzem a cada momento. Se não for assim, estaríamos diante de um processo meramente automantido, mais do que frente a um verdadeiro caso de autonomia (Etxeberria e Moreno, 2007, p.31, tradução nossa).

Etxeberria e Moreno (2007) consideram, ainda, que um sistema autônomo deve possuir algum tipo de suborganização capaz de regular os fluxos de matéria e energia entre o sistema e seu entorno, ou seja, para um sistema ser considerado autônomo, devem existir ações deste sobre o meio externo.

A noção de autonomia agencial desenvolvida por Etxeberria e Moreno auxilia na delimitação de organismos em casos fronteiriços. Por exemplo, como ficaria a definição de organismos em sistemas que são formados por unidades ("indivíduos") de diferentes genótipos, mas que possuem um alto grau de integração, como é o caso da caravela-portuguesa (*Physalia physalis*) (Sterelny e Griffiths, 1999; Ruiz-Mirazo et al., 2000; Etxeberria e Moreno, 2007) ou de insetos sociais como as abelhas, no qual o conjunto de indivíduos poderia ser considerado um superorganismo, já que cada indivíduo tem uma função específica e há, inclusive, em muitas espécies uma separação entre organismos reprodutivos e organismos não reprodutivos, de modo similar à separação entre germoplasma e somatoplasma em organismos multicelulares? A identificação do organismo nesses casos associaria a perspectiva da agencialidade à organização hierárquica dos processos biológicos. Os organismos seriam identificados como "aqueles sistemas nos quais as relações funcionais de suas partes integrantes formam um todo com um maior grau de integração funcional do que a existente entre os sistemas que formam a unidade superior" (Etxerrebia e Moreno, 2007, p.34, tradução nossa). No caso dos insetos sociais, por exemplo, é possível perceber maior integração funcional entre os componentes que constituem a abelha do que entre as diferentes abelhas da colmeia. Portanto, o núcleo da autonomia agencial estaria no nível da abelha individual, podendo esta ser considerada como o organismo.

O caso da caravela é de análise mais complexa, porque não é tão evidente que a coesão das células na colônia seja menor do que a coesão dos componentes das células individuais. Contudo, a própria qualificação da caravela como uma colônia decorre do fato de que as células que a constituem não exibem tanta coesão entre si quanto temos nos organismos multicelulares. Parece, assim, que o núcleo da autonomia agencial está ao nível das células, e não da colônia, apesar de o caso da caravela ser, de fato, mais difícil do que o das colmeias. A noção de autonomia agencial certamente não resolve todos os problemas na delimitação dos organismos, mesmo porque a própria descrição e delimitação de níveis de organização dependem não só da integração entre componentes, mas também da atuação de um observador

externo. No entanto, a noção de autonomia agencial parece ser de fato um critério útil na delimitação de organismos.

Uma abordagem hierárquica do conceito de organismo

A concepção de uma autonomia agencial relativa ao nível do organismo individual e de sua inserção em níveis superiores de organização pode ser modelada por meio de uma hierarquia escalar.

No estudo do organismo, é importante compreender tanto sua constituição como os níveis superiores no qual se insere. Um estudo local e restrito da constituição e dos mecanismos físico-químicos de um organismo vivo permite aprofundar o conhecimento por meio de uma riqueza de detalhes, permitindo a descrição das interações e dos mecanismos generativos que permitem a emergência das características descritas em um nível hierárquico mais complexo, como o nível orgânico. Entretanto, compreender o ambiente externo, por exemplo, as comunidades ecológicas e os ecossistemas nos quais os organismos se inserem e interagem com outros organismos, também é necessário.

Como as entidades e os processos biológicos podem ser descritos em diferentes níveis de complexidade e em diferentes intervalos de tempo, torna-se necessário modelar escalas espaciais e temporais nos quais eles se situam, no contexto de modelos hierárquicos. Um modelo hierárquico interessante, heuristicamente poderoso, é encontrado na hierarquia escalar proposta por Salthe (1985; 2001). Esse autor propõe que, por razões pragmáticas, devemos trabalhar com três níveis de organização: o nível superior (que estabelece condições de contorno para as entidades e os processos no nível focal e, desse modo, restringe suas dinâmicas por meio de efeitos seletivos), o nível focal (no qual se encontra o fenômeno de interesse) e o nível inferior (que gera as interações das quais emergem as entidades e os processos envolvidos no fenômeno de interesse, ou seja, as condições iniciadoras de tais processos e entidades, também restringindo suas dinâmicas)[5].

5 A definição dos níveis de um modelo hierárquico está relacionada à questão de pesquisa que se está buscando responder (Queiroz e El-Hani, 2006). Como discute O'Neill (1988), é possível estabelecer diferentes hierarquias dirigidas a enfrentar problemas distintos de uma área. A representação hierárquica se constitui a partir de uma abordagem pragmática, como uma ferramenta epistemológica para organizar e representar o mundo de acordo com determinados objetivos (Meglhioratti et al., 2008). Por essa razão, a proposta hierárquica aqui discutida destaca o organismo, que é o objeto de interesse do presente trabalho.

De acordo com esse modelo, as dinâmicas dos processos e das entidades no nível focal resultam, então, da interação de restrições que operam de baixo para cima (*bottom-up*) e de cima para baixo (*top-down*).

Para representar essa estrutura hierárquica, pode-se utilizar a seguinte notação: [nível superior [nível focal [nível inferior]]][6]. A representação hierárquica de Salthe (1985) foi utilizada como base para o estabelecimento de três níveis de organização relativos à estrutura e aos processos biológicos, tomando-se o *organismo* como nível focal, o *ambiente externo* como nível superior (entendendo como ambiente os fatores do meio externo que são relevantes para determinado organismo, no sentido proposto por Lewontin, 2002) e o *ambiente interno* como nível inferior (elementos tissulares, celulares e moleculares). Dessa forma, considera-se o organismo como ponto central da discussão, assumindo sua unidade e autonomia por meio das relações engendradas pelos seguintes níveis: [ambiente externo (ecológico/evolutivo) [organismo [ambiente interno (tissular/celular/molecular)]]]. A colocação do organismo no nível focal desse modelo hierárquico reflete um posicionamento a favor de uma compreensão da Biologia como uma ciência do organismo, ressaltando-se, ainda, a autonomia da Biologia em relação a outras áreas do conhecimento científico, em particular, à Química e à Física.

Relacionada à estrutura hierárquica da organização biológica está a ideia de propriedades emergentes, ou seja, de propriedades observadas ao nível de um sistema como um todo, que, embora relacionadas à microestrutura do sistema, não são redutíveis às propriedades e relações das partes do sistema. Assim, em um sistema complexo como o organismo, novas propriedades surgem especificamente no nível do sistema como um todo, por exemplo, um determinado comportamento animal, não podendo este ser explicado apenas pela análise da constituição e dos mecanismos moleculares. Tomando como exemplo um organismo unicelular, seu padrão organizacional emergente depende das interações ocorridas no nível imediatamente inferior (interações moleculares) e no nível imediatamente superior (restrições impostas pelo ambiente ao longo da evolução do organismo e, no tempo ecológico, nas interações que ele estabelece com outros organismos). O organismo unicelular não deve ser compreendido, pois, apenas como

6 São utilizados colchetes como representação gráfica da hierarquia escalar, no qual um determinado nível focal incorpora um nível inferior e está imerso em um nível superior.

ponto de encontro entre os níveis inferior e superior. Deve-se considerar a sua história evolutiva e a inserção em um metassistema ecológico mais amplo. O organismo é caracterizado por sua autonomia agencial, o que implica que ele tem regras próprias e flexibilidade na interação com o meio externo, agindo sobre este e modificando-o, não podendo ser considerado apenas um ente passivo.

Explicitando o conceito de organismo

A partir do que foi discutido anteriormente, podemos destacar as seguintes ideias centrais para a elucidação do conceito de organismo:

a. Sistema complexo, com *fechamento organizacional* resultante de *relações circulares* entre as partes do sistema, conferindo coesão ao sistema e gerando um limite dinâmico que separa o sistema do ambiente externo.
b. As *relações circulares* e o *fechamento organizacional* gerados dentro do próprio sistema são tratados como parte de um *processo auto-organizado*. Um sistema auto-organizado se mantém longe do equilíbrio termodinâmico, mantendo vias de estabilidades e regras geradas dentro do próprio sistema.
c. Os seres vivos apresentam um tipo particular de *auto-organização* chamada de *autonomia agencial*, ou seja, a identidade do sistema aparece como uma organização estável da qual derivam ações para o exterior do sistema. O agente autônomo, ou seja, o organismo, é definido mediante uma *perspectiva hierárquica*, sendo considerado nível do organismo aquele que apresenta maior integração funcional quando comparado aos níveis superiores de organização.
d. No nível orgânico, aparecem propriedades irredutíveis às propriedades e relações de suas partes. Portanto, os organismos apresentam *propriedades emergentes*, cuja irredutibilidade deve ser entendida em termos de sua não dedutibilidade das propriedades que as partes exibem em estruturas relacionais mais simples (El-Hani e Queiroz, 2005). As próprias ações dos organismos acontecem no nível orgânico, portanto, a capacidade de *agência* pode ser considerada uma *propriedade emergente* desse *nível de organização hierárquica*.

e. Os organismos estão integrados em *níveis hierárquicos* superiores de organização, tais como populações, comunidades e ecossistemas. A inserção nesses níveis tem grande influência sobre a manutenção do nível orgânico. Um exemplo da ocorrência da organização coletiva e de dependência entre os seres vivos, em um ciclo de relações autossustentadas, pode ser visto no ciclo do nitrogênio. O nitrogênio é encontrado na atmosfera em grande quantidade na forma de gás nitrogênio. No entanto, a maior parte dos seres vivos não consegue utilizar o nitrogênio na forma encontrada na atmosfera e depende de bactérias que fixam o nitrogênio incorporando este elemento em suas moléculas orgânicas. A associação de bactérias fixadoras de nitrogênio com plantas (como é o caso das leguminosas) permite que as últimas obtenham compostos nitrogenados. Quando plantas e animais morrem, o nitrogênio presente em seus protoplasmas é decomposto em compostos de amônia, que fertilizam o solo. Algumas plantas conseguem utilizar a amônia, mas o composto utilizado com maior facilidade é o nitrato. A amônia presente no solo é oxidada pela ação de bactérias do gênero *Nitrossomonas*, levando à formação de nitrito. Por sua vez, o nitrito é oxidado por bactérias do gênero *Nitrobacter*, levando à formação de nitrato. O nitrato é absorvido e utilizado com facilidade pela maior parte das plantas verdes na produção de matéria orgânica, principalmente de proteínas e ácidos nucleicos. As plantas, ao servirem de alimento para animais, passam o nitrogênio orgânico ao longo da cadeia alimentar. Parte dos compostos nitrogenados presentes no solo é utilizada por bactérias desnitrificantes, que acabam por produzir gás nitrogênio, que é novamente incorporado à atmosfera, fechando-se, assim, um ciclo de relações biológicas que permite a manutenção de organismos de diferentes espécies (Odum, 2004). É nesses termos que organismos podem ser concebidos como unidades autônomas *coletivamente organizadas*, inseridos em processos ecológicos e evolutivos que são fundamentais para a sua manutenção.

Alguns termos foram destacados nas considerações acima para evidenciar a relação conceitual entre eles e como eles acabam por se justificarem mutuamente, dando indicações da consistência teórica de tal perspectiva

sobre o organismo. Esses diferentes conceitos podem ser integrados na seguinte formulação do conceito de organismo: *um organismo é uma unidade autônoma, coletiva e evolutivamente construída, possuindo propriedades que emergem no nível orgânico.* Essa explicação de organismo engloba os conceitos de níveis hierárquicos, auto-organização, autonomia, agência, evolução e propriedades emergentes discutidos anteriormente. O destaque dado à capacidade de agência permite compreender o organismo como tendo um papel ativo no seu ambiente, contrapondo-se à visão do organismo como ente passivo, tal como encontramos tanto em uma abordagem reducionista da Biologia quanto na teoria sintética da evolução.

O conceito de organismo como integrador do conhecimento biológico e do ensino de Biologia

A explicitação do conceito de organismo dentro do conhecimento biológico é necessária, uma vez que esse conceito tem sido pouco debatido. Como Ruiz-Mirazo et al. (2000) afirmam, o organismo tem sido tratado de forma marginal dentro da Biologia. Além disso, mediante uma abordagem hierárquica que assuma o organismo como nível focal de discussão, esse conceito passa a ser reconhecido como elemento integrador de conceitos referentes a níveis inferiores de organização (aspectos moleculares, celulares e tissulares) e níveis superiores (como populações, comunidades e ecossistemas).

A compreensão do organismo como *unidade autônoma, coletiva e evolutivamente construída, possuindo propriedades que emergem no nível orgânico* é mais adequada ao Ensino Superior, uma vez que exige alto grau de abstração. Entretanto, podem-se destacar dois pontos que se refletem na educação básica: 1) o estudo desse conceito é um importante elemento para a formação de um corpo conceitual sistêmico na formação de professores de biologia. Dessa forma, a compreensão da natureza do conhecimento biológico tendo como ponto focal o organismo pode auxiliar os futuros professores a relacionar conceitos nas situações de ensino de Biologia; 2) o conceito de organismo proposto pode ser recontextualizado didaticamente para uso no Ensino Médio mediante a utilização das ideias de níveis hierárquicos de organização e propriedades emergentes. Isso pode ser feito indiretamente

com base no estudo de casos exemplares de organismos em seus contextos fisiológicos, comportamentais e ecológicos.

Para exemplificar de que forma o conceito de organismo pode ser integrador no conhecimento biológico, pode-se pensar, por exemplo, na nutrição de um determinado animal. Para obter alimento, um mamífero estabelecerá inúmeros tipos de comportamentos e interações ecológicas: ele pode, por exemplo, competir por alimento e/ou utilizar estratégias de armazenamento para tempos escassos. Em uma competição por alimento dentro de uma mesma espécie, as diferenças individuais serão fundamentais para a sobrevivência e a reprodução. Assim, quando um organismo atua no ambiente para a obtenção de alimento, ele acaba por modificar o ambiente para outros indivíduos da mesma espécie ou de outras (isso se refere, portanto, à forma como o organismo determina e é determinado por seu ambiente). Obtido o alimento, os nutrientes adquiridos entrarão na rede metabólica daquele organismo e passarão a fazer parte de sua constituição e/ou de seu metabolismo. A qualidade e quantidade dos nutrientes obtidos influenciarão nas condições físicas do organismo e na forma como este atua no ambiente externo. Nesse exemplo, fica em evidência a importância de se relacionar os aspectos do comportamento, as interações ecológicas com outros organismos e os fatores morfológicos e fisiológicos na explicação de determinado fenômeno biológico.

Provenza e Launchbaugh (1999) destacam, por exemplo, que animais herbívoros apresentam comportamentos muito complexos e enfrentam inúmeros desafios na sua interação com o ambiente para obter alimentos. Segundo os autores, a necessidade nutricional muda constantemente como consequência da idade, do estado fisiológico e das condições ambientais. Além disso, a quantidade de energia, minerais, proteínas e até mesmo toxinas nas plantas varia no espaço e no tempo. Assim, quando animais herbívoros se inserem em um novo ambiente, os animais que avaliam seus recursos alimentícios de forma mais apropriada têm vantagem em termos de sobrevivência e reprodução. Esse comportamento nutricional é extremamente complexo e pode inclusive ser aprendido pelo convívio em grupo. Os autores ainda destacam que qualquer mudança em níveis hierárquicos internos ao organismo (células, tecidos ou órgãos) ou no ambiente externo (mudança na alimentação, competição com outras espécies e convívio em um grupo de determinada população) influenciará o comportamento de um

organismo individual, ressaltando, assim, o caráter complexo das relações entre níveis.

Em relação ao contexto de ensino, a centralidade do organismo permite a integração de diferentes níveis de organização e um ensino mais significativo. No ensino de Biologia em geral, os conteúdos são vistos de modo descontextualizado. Na organização do conhecimento biológico na educação básica, mesmo seguindo uma abordagem hierárquica, os níveis de organização são vistos como unidades isoladas, não se enfatizando suas relações. Dessa forma, a organização do conhecimento biológico ou ocorre partindo dos aspectos microscópicos para os macroscópicos ou, ao contrário, dos macroscópicos para os microscópicos. Por exemplo, aborda-se a constituição química celular sem enfatizar como ocorrem as reações químicas dentro de células específicas. Em seguida, são estudadas a estrutura celular e suas organelas, depois, enfatiza-se a formação de tecidos e sistemas, e, por último, os tipos de seres vivos e as relações ecológicas. Segue-se essa sequência do micro para o macro ou a sequência inversa. O importante a ser ressaltado é que, em geral, o estudo desses diferentes níveis de organização, no contexto de ensino, não é contextualizado mediante exemplos de situações reais que ocorrem com os organismos. Além disso, a integração dos vários níveis de processos e entidades biológicas não é feita. Ou seja, muitas vezes os alunos não conseguem integrar os conceitos estudados em diferentes níveis e podem, por exemplo, não reconhecer que o organismo é constituído por células ou não compreender a posição espacial do DNA dentro da estrutura celular (Caballer e Gimenez, 1992; Pedrancini et al., 2007).

Uma alternativa de ensino mais integradora seria contextualizar os diferentes níveis hierárquicos da organização do conhecimento biológico a partir do estudo de um tipo de organismo particular. No contexto da educação superior, por exemplo, El-Hani (2002) se refere a um curso de herpetologia[7] do Departamento de Zoologia da Universidade do Texas, em que se segue uma metodologia de ensino que aborda diferentes níveis de organização a partir do organismo. A equipe responsável pelo curso inclui um sistemata molecular, um curador de museu, um morfologista funcional, um ecólogo comportamental, um ecólogo de comunidades e um sistemata morfologista, o que torna possível uma abordagem interdisciplinar. Ou seja, ao invés

7 Herpetologia é o ramo da Biologia que estuda os répteis e os anfíbios.

de cada área abordar os conteúdos em separado, eles são vistos a partir da contextualização em um tipo de organismo específico. Essa forma de ensino, contextualizada a partir de um determinado organismo, pode ser trabalhada na educação básica por meio de situações e relações de conteúdos que sejam coerentes ao Ensino Fundamental e ao Ensino Médio.

Considerações finais

A retomada do conceito do organismo como um elemento integrador do conhecimento biológico permite tanto caracterizar a Biologia como uma ciência autônoma quanto auxiliar na relação entre conceitos de diferentes níveis de organização.

O enfoque no organismo ajuda a caracterizar a Biologia como uma ciência autônoma, visto que delineia seus contornos em relação aos outros domínios científicos. Por exemplo, pode-se questionar como a Biologia se distingue da Química. Apesar da ênfase atual nos componentes moleculares, dado o impacto da Biologia Molecular (por exemplo, a preocupação com as sequências de nucleotídeos e a expressão gênica), a Biologia tem como centro de estudo (ou deveria ter) o organismo, ou seja, como o organismo é implicado por sua constituição molecular. Na Química, por sua vez, o cerne da preocupação diz respeito às moléculas, como elas se constituem e interagem umas com as outras. Ou seja, os diferentes domínios científicos têm como objetos de pesquisa diferentes níveis de organização.

A compreensão do organismo a partir de uma representação hierárquica escalar, na qual o organismo é o nível focal das interações entre ambiente externo e interno, permite relacionar conceitos de diferentes níveis, favorecendo a integração do conteúdo biológico. Essa forma de compreender o conhecimento biológico pode auxiliar também nos contextos de Ensino Superior e na educação básica.

Apesar de os conceitos biológicos serem recontextualizados nas situações de ensino, o que lhes confere características próprias em cada nível de ensino, a utilização de organismos reais para explicar os diferentes conceitos biológicos parece ser uma estratégia de ensino capaz de aproximar a Biologia e o conhecimento cotidiano do aluno e de integrar conteúdos que normalmente têm sido vistos de forma fragmentada no ensino de Biologia.

Entende-se, portanto, que a retomada do conceito de organismo na abordagem dos fenômenos vitais pode auxiliar tanto a construção do conhecimento biológico quanto o ensino de Biologia.

Referências bibliográficas

CABALLER, M.; GIMÉNEZ, I. Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v.10, n.2, pp.170-180, 1992.

CHONG, L.; RAY, L. B. Whole-istic biology. *Science*, v.295, pp.1661, 2002.

COUTINHO, F. A. *A construção de um perfil conceitual de vida*. 2005. 180f. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação – UFMG, Minas Gerais.

EL-HANI, C. N. Uma ciência da organização viva: organicismo, emergentismo e ensino de biologia. In: SILVA FILHO, Waldomiro et al. (Orgs.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador, BA: Arcádia, 2002. pp.199-242.

EL-HANI, C. N.; EMMECHE, C. On some Theoretical grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervinience and downward causation. *Theory in Biosciences*, Jena, v.119, pp.234-275, nov. 2000.

EL-HANI, C. N. e QUEIROZ, J. Modos de irredutibilidade das propriedades emergentes. *Scientiae Studia*, v. 3, n.1, pp.9-41, 2005.

ETXEBERRIA, A.; MORENO, A. La Idea de autonomia em biologia. *Logos. Anales Del Seminário de Metafísica, Madrid*, v.40, pp.21-37, 2007.

ETXEBERRIA, A.; UMEREZ, J. Organismo y Organización en la Biología Teórica ¿Vuelta al organicismo 50 años después? *Ludus Vitalis*, México, v.14, n.26, pp.3-38, 2006.

FELTZ, B. Le réductionnisme em biologie. Approches historique et épistemologique. *Revue Philosophique de Louvain*, Belge/France, v.93, pp.9-32, 1995.

GOODWIN, B. *How the Leopard Changed its Spots:* the evolution of complexity. New York: Touchstone, 1994.

GUTMANN, M.; NEUMANN-HELD, E. The theory of organism and the culturalist foundation of biology. *Theory in Biosciences*, Jena, v.119, pp.276-317, nov. 2000.

IDEKER, T.; GALITSKI, T.; HOOD, L. A new approach to decoding life: systems biology. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, v.2, pp.343-372, 2001.

KAWASAKI, C. S.; EL-HANI, C. N.. An analysis of life concepts in Brazilian high-school biology textbooks. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION, 10, 2002, *Proceedings*... São Paulo-SP: IOSTE, 2002a. pp.101-109.

KAWASAKI, C. S.; EL-HANI, C. N. Uma análise das definições de vida encontradas em livros didáticos de biologia do ensino médio. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 8, 2002. São Paulo. *Coletânea*...São Paulo: FE-USP, 2002b. pp.1-6.

KELLER, E. F. The century beyond the gene. *Journal of Biosciences*, v.30, pp.3-10, 2005.

KITANO, H. Systems biology: a brief overview. *Science*, v.295, pp.1662-1664, 2002.

LEITE, M. *Promessas do Genoma*. São Paulo: Unesp, 2007.

LEWONTIN, R. Adaptation. *Scientific American*, v.249, pp.212-222, 1978.

LEWONTIN, R. *Biologia como ideologia*: a doutrina do DNA. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2000.

________. *A Tripla Hélice:* gene, organismo e ambiente. São Paulo, SP: Companhia das Letras, 2002. 138p.

MAYR, E. *The Growth of Biological Thought*. Cambridge-MA: Harvard University Press, 1982.

MEGLHIORATTI, F. A.; ANDRADE, M. A. B. S.; BRANDO, F. R.; CALDEIRA, A. M. A. A compreensão de sistemas biológicos a partir de uma abordagem hierárquica: contribuições para a formação de pesquisadores. *Filosofia e História da Biologia,* v.3, 2008.

MORENO, A. Auto-organisation, autonomie et identité. *Revue Internationale de Philosophie*, France, n.2, pp.135-150, abril 2004.

ODUM, E. *Fundamentos da Ecologia*. 7.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

O'NEILL, R. V. Hierarchy theory and global change. In: ROSSEWALL, T; WOODMANSEE, R; RISSER, P. (Eds.). *SCOPE 35* – Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability of Biospheric and Geospheric Processes, 1988. Disponível em: http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope35/chapter03.html. Acesso em: 8 set. 2008.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, v.6, n.2, p.299-309, 2007.

QUEIROZ, J. e EL-HANI, C. N. Towards a multi-level approach to the emergence of meaning processes in living systems. *Acta Biotheoretica* v.54, n.3, pp.174-206, 2006.

PROVENZA, F. D.; LAUNCHBAUGH, K. L. Foraging on the Edge of Chaos. In: LAUNCHBAUGH, Karen; SANDERS, Kenneth; MOSLEY, Jeff (Eds.). *Grazing Behavior of Livestock and Wildlife*. Univ. of Idaho, Moscow, 1999. Disponível em: <http://www.cnrhome.uidaho.edu/default.aspx?pid=74871. Acesso em: 7 jan. 2008.

RUIZ-MIRAZO, K.; ETXEBERRIA, A.; MORENO, A.; IBÁÑEZ, J. Organisms and their place in biology. *Theory in biosciences*, v.119, n.3-4, pp.209-233, 2000.

SALTHE, S.. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. New York: Columbia University Press, 1985.

SALTHE, S. *Summary of the Principles of Hierarchy Theory*, 2001. Disponível em: http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy_th.html. Acesso em: 22 jun. 2006.

SEPULVEDA, C.; MEYER, D.; EL-HANI, C. N. Adaptacionismo. In: ABRANTES, P. (Org.). *Filosofia da Biologia*. Porto Alegre: Artmed, no prelo.

SILVA, F. A. R. *O perfil conceitual de vida:* ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação. 2006. 160f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

STERELNY, K.; GRIFFITHS, P. E. *Sex and Death*: an introduction to philosophy of biology. London: University of Chicago Press, 1999. (Science and its conceptual foundation).

WEBSTER, G.; GOODWIN, B. C. A Structuralist Approach to Morphology. *Rivista di Biologia,* v.92, p.495-498, 1999.

3
Algumas interpretações historiográficas sobre a natureza química do princípio transformante no ensino

Caroline Belotto Batisteti[1]

Elaine Sandra Nicolini Nabuco de Araujo[2]

João José Caluzi[3]

Introdução

O presente texto apresenta os resultados de uma pesquisa cujo objetivo foi analisar a abordagem histórica presente em alguns livros-textos de Genética e Bioquímica utilizados no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, bem como em publicações sobre História da Biologia, acerca da natureza química do material genético. A escolha desse tema se deve, sobretudo, ao fato de que a identificação do DNA como material genético é considerada um dos momentos mais relevantes na História da Biologia Molecular. Sendo assim, achamos oportuno investigar como esse assunto é tratado no contexto do ensino. Selecionamos um episódio específico, referente aos estudos do médico e bacteriologista canadense Oswald Theodore Avery (1877-1955); do bacteriologista canadense Colin Munro MacLeod (1909-1972) e do biólogo e microbiologista americano Maclyn McCarty (1911-2005), publicados em 1944, sobre a natureza química do princípio transformante, em virtude desses autores serem considerados os desencadeadores da ideia de DNA como material genético. Antes de apresentarmos os resultados

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: carolbatisteti@yahoo.com.br.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Pesquisadora do Centro de Divulgação e Memória da Ciência e Tecnologia/bolsista Prodoc/Capes. E-mail: centro@fc.unesp.br.

3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Professor Assistente Doutor do departamento de Física. E-mail: caluzi@fc.unesp.br.

de nossa análise, faremos algumas considerações sobre a importância da abordagem histórica no ensino de Ciências e sobre aspectos dos trabalhos de Avery e colaboradores e do contexto em que esses estavam inseridos.

Abordagem histórica no ensino de Ciências

Em geral, nos cursos de graduação em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, os conteúdos científicos não aparecem inseridos em um contexto e são fragmentados e ministrados em diferentes disciplinas, sem que os alunos consigam relacioná-los. Um mesmo assunto, por exemplo, a natureza química do princípio transformante que trataremos aqui, pode ser abordada em disciplinas como Bioquímica, Biologia Molecular, Genética de Microorganismos e Microbiologia, sem que se estabeleça uma relação clara entre elas.

Conforme Martins (1998), uma ferramenta que pode ser utilizada no ensino de Ciências para auxiliar no entendimento, por parte dos alunos, da produção e desenvolvimento da Ciência é a História da Ciência. Esta mostra ser um meio eficiente para desmistificar o conhecimento científico, que muitas vezes é interpretado como verdade absoluta. Por meio de episódios históricos, é possível entender o processo gradativo e lento de construção dos conhecimentos até se chegar às concepções aceitas atualmente, apresentando-se como um recurso didático bastante útil. A abordagem histórica possibilita o entendimento da Ciência não como uma atividade isenta de interesses, feita de forma individual por gênios que propõem ideias acabadas, mas como uma construção humana, que se modifica ao longo do tempo e que é influenciada pelos métodos e concepções científicas vigentes em uma determinada época (Martins, 1998).

É preciso olhar para a História da Ciência para entender qual a finalidade de se estudar Ciências, como suas concepções se inserem no cotidiano e se relacionam com as atividades dos seres humanos. Outra possibilidade frente à História da Ciência é que, quando conhecemos de que maneira um determinado episódio se originou, existe a possibilidade de imaginarmos outros caminhos que chegariam à mesma descoberta, aflorando a curiosidade, o raciocínio e a criatividade (Pessoa, 1996).

Uma das utilidades da História da Ciência é procurar esclarecer concepções históricas errôneas que vêm sendo mantidas no decorrer do tempo

e frequentemente apresentadas nos livros didáticos. A História da Ciência pode também tornar o aprendizado mais interessante e significativo, podendo ser aplicada no ensino de Biologia, bem como em outras disciplinas (Martins, 1998).

Segundo a *Folha de S. Paulo* (2005), existem vários vícios encontrados em pesquisas feitas abordando a História da Ciência, sendo que o primeiro deles consiste em uma História da Ciência puramente descritiva, repleta de datas e informações que não têm qualquer relevância para aquilo que está sendo estudado. Em acordo com as palavras de *Folha de S. Paulo,* Lima et al. afirmaram que:

> A abordagem de conceitos contextualizados historicamente difere de uma abordagem pseudo-histórica. Esta última, que é frequentemente encontrada nos livros didáticos, refere-se a um breve relato pautado em nomes e datas, sem conexão ou exposição do quadro teórico em que determinado conceito foi desenvolvido. A nosso ver, essa perspectiva não contribui para a compreensão do processo de construção da Ciência, nem para um melhor entendimento dos conteúdos específicos. É preciso promover uma reflexão sobre o conhecimento produzido pela Ciência e também sobre a Ciência. (Lima et al., 2008, no prelo)

O exposto anteriormente justifica a nossa preocupação em analisar as abordagens históricas apresentadas nos livros-textos de Ensino Superior utilizados nos cursos de Licenciatura. Vale acrescentar ainda que, de acordo com Camargo (2007), se os professores de Biologia e Ciências, durante sua formação inicial, tivessem contato com os determinantes envolvidos na construção dos conceitos aprendidos no curso, sem dúvida esse modelo de ensino se refletiria em sua prática docente, e esse promissor processo cíclico de formação de professores se perpetuaria.

Dentre os conceitos abordados durante o curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas, selecionamos aquele que se refere à identificação da natureza química do material genético, cuja história abordaremos a seguir.

A natureza química do material genético

Para evidenciarmos como a Biologia Molecular possui uma história extremamente rica, apresentaremos aqui um breve relato sobre seu desen-

volvimento. Inicialmente, foi indispensável reconhecer e identificar que as estruturas biológicas são, de fato, organizadas por meio de uma base molecular. Para o bioquímico austríaco Erwin Chargaff, a Biologia Molecular pode ser descrita como a prática da bioquímica sem uma licença. Já para Waddington, integrante do Instituto de Genética Animal, em Edinburgh, a Biologia Molecular pode ser considerada como um segmento de uma grande entidade, a qual ele nomeou "biologia ultraestrutural" (Hess, 1970).

O químico e biólogo molecular austríaco John Kendrew (1914-2002) apontou que existem dois grupos de biologistas moleculares (Hess, 1970) – *os estruturistas* e *os informacionistas*, que formam duas escolas que viveram muito tempo isoladas, sem colaborar ou compartilhar seus conceitos e conhecimentos (Hess, 1970; Stent, 1968). A escola informacional não tem nada em comum com a bioquímica, enquanto que a escola estrutural pode ser considerada propriamente um ramo da bioquímica (Stent, 1968).

Crick parece ter sido quem melhor propôs o porquê de ambas as escolas terem aceitado e incorporado o novo termo: "Biologia Molecular". Podemos observar essa afirmação no seguinte trecho:

> Eu mesmo fui forçado a me nomear como biologista molecular, porque quando sacerdotes investigadores me perguntaram o que eu fazia, eu fiquei cansado de explicar que era uma mistura de cristalógrafo, biofísico, bioquímico e geneticista, uma explicação que em todos os casos eles acharam muito difícil compreender (Crick, 1965 *apud* Stent, 1968, p.390).

Atualmente, a Biologia Molecular está enfatizando os conhecimentos qualitativos dos circuitos biológicos, o que caracteriza uma visão informacional. A Biologia Molecular informacional busca compreender e explicar como ocorre o fluxo de informações do material genético para os processos fisiológicos, envolvendo principalmente fundamentos genéticos. Já a Biologia Estrutural, que caracteriza uma visão conformacional, se preocupa em entender os processos biológicos por meio da análise da estrutura das moléculas e das alterações e interações que ocorrem nessa estrutura (Meneghini, 1993).

Foi a união dos conhecimentos das vertentes informacional e conformacional que colaborou para que Watson e Crick pudessem chegar à proposta da estrutura em dupla hélice da molécula de DNA (Meneghini, 1993).

Além disso, a história da proposta da estrutura em dupla hélice do DNA envolve diferentes disciplinas e técnicas, misturadas às afinidades e inimizades entre os pesquisadores, como também a influência da situação social e política da época (Acot, 2003).

A substância que hoje chamamos DNA foi identificada pelo professor Ernst Felix Immanuel Hoppe-Seyler (1823-1895) junto ao seu discípulo Johann Friedrich Miescher (1844-1895), bioquímico suíço. Em 1869 estavam trabalhando com bandagens de feridos e isolaram, a partir de células do pus, uma substância até então desconhecida, que foi nomeada nucleína. O caráter ácido e a presença de um açúcar (a desoxirribose) na composição dessa substância levaram os bioquímicos, mais tarde, a nomearem a nucleína de *ácido desoxirribonucleico*. Miescher nunca percebeu a nucleína como portadora de informação genética. Como a comunidade científica da época via as proteínas como as únicas moléculas com a complexidade necessária ao material genético, seu trabalho foi pouco relevante naquele período. Naquele momento, era identificado o DNA, mas sua estrutura e função ficaram ainda desconhecidas por muito tempo (Acot, 2003 e Hausmann, 2002).

O papel preponderante das proteínas

É interessante entendermos de que maneira os pesquisadores de meados do século XIX e início do século XX atribuíram importância tão grande às proteínas. No ano de 1885, Louis Pasteur investigou a fermentação do açúcar e estava convencido de que essa reação somente poderia ser realizada por células vivas por meio de uma força secreta: o élan vital. Eduard Buchner, em 1896, detectou uma fermentação alcoólica em um extrato de levedo desprovido de células. Assim, ficou claro que esses fenômenos biológicos dependiam de um fator material, que foi chamado de fermento, e eram independentes de uma "força vital". Muito antes, em 1836, o químico sueco Jöns Berzelius já havia descrito a função desses "fermentos" – seriam os catalisadores, hoje chamados de enzimas. Levantaram-se então, questões acerca da natureza e modo de ação das enzimas (Hausmann, 2002).

Em relação à natureza das enzimas, as dúvidas foram sanadas nos anos 1930, quando Moses Kunitz e Jonh Northrop, no Instituto Rockefeller, em Princeton, mostraram que as enzimas correspondiam a frações protei-

cas. Segundo Hausmann, apareceu então a seguinte questão: "No entanto, como poder-se-iam derivar as milhares de atividades específicas de enzimas a partir da característica comum a todas elas, sua natureza proteica?" (Hausmann, 2002, p.4).

Essa questão parece ter incentivado um grande número de bioquímicos a pesquisar a estrutura molecular das proteínas sob diversos aspectos. Para tanto, métodos da química orgânica, em determinados momentos, não respondiam mais as questões e, outros métodos, como difração de raios-X vieram impulsionar a análise do problema (Hausmann, 2002).

A utilização da cristalografia por raios-X foi um passo fundamental para se conhecer a estrutura das moléculas. Essa técnica foi proposta pelo físico inglês William Henry Bragg (1862–1942) e pelo físico australiano William Lawrence Bragg (1890-1971), pai e filho, sendo desenvolvida sistemática e intensamente em Cambrigde de 1910 a 1930 (Hausmann, 2002). Os cristalógrafos começaram a se interessar por moléculas de importância biológica, e concluíram que as funções fisiológicas da célula poderiam ser compreendidas a partir da configuração estrutural de seus elementos (Stent, 1968).

Assim, com o auxílio dos estudos cristalográficos, o princípio da atividade enzimática, por meio da análise de suas estruturas, foi basicamente esclarecido (Hausmann, 2002). Os pesquisadores propuseram que a natureza química do material genético era proteica, pois somente as proteínas, com sua diversidade de formas, estudadas até então de modo frequente, poderiam dar conta da complexidade da ação dos genes.

A partir de agora, centralizaremos a discussão nos estudos sobre a natureza do princípio transformante. Para tanto, comentaremos sobre o trabalho de Frederick Griffith, publicado em 1966[4], a respeito da transformação bacteriana[5], que é considerado fundamental para o desenvolvimento dos trabalhos de Oswald Theodore Avery (1877-1955); Colin Munro Macleod (1909-1972) e Maclyn McCarty (1911-2005), publicados em

4 Esse trabalho foi originalmente publicado em 1928, no J. Hyg. Camb. A reimpressão de 1966 desse artigo, utilizada por nós, foi realizada para comemorar o vigésimo quinto aniversário de morte de Griffith.

5 Em linhas gerais, atualmente, a transformação bacteriana envolve a incorporação de DNA exógeno ao material genético das células bacterianas, resultando em uma recombinação gênica herdável. Griffith utilizava essa expressão ao referir-se à transformação de um tipo de pneumococos em outro, por exemplo, transformação do Tipo II de pneumococos em Tipo III.

1944, sobre a natureza química do "princípio transformante" [6]. Importante percebermos que o artigo de Avery e colaboradores (1944) foi decorrente de estudos anteriores efetuados por eles, bem como por outros pesquisadores – que estavam inseridos em um contexto de trabalhos sobre transformação bacteriana.

O médico inglês Frederick Griffith dedicou-se ao estudo dos tipos de pneumococos, bactérias encontradas em casos de pneumonia lobar[7], de 1920 a 1927. No decorrer da pesquisa, ele percebeu a presença de dois ou mais tipos de pneumococos[8] em uma amostra de secreção coletada de um paciente. Na tentativa de explicar essa observação, realizou vários experimentos envolvendo a transformação de um tipo de pneumococos em outro a partir da inoculação de culturas em ratos.

Griffith, então, descreveu uma série de experimentos laboratoriais demonstrando alterações nos tipos sorológicos. Ele utilizou "variantes" de pneumococos avirulentas e virulentas. Martin H. Dawson (1833-1871), no seu artigo de 1928, resumiu as características que distinguem as duas formas de pneumococos:

> As formas S são virulentas; elas produzem uma substância solúvel específica, que depende da especificidade do tipo; e elas formam colônias que têm uma superfície lisa quando examinada por luz refletida. As formas R são avirulentas; elas não produzem a substância solúvel específica e elas formam colônias que têm uma superfície rugosa quando similarmente examinada (Dawson, 1928, p.577).

A designação S advém do termo *smooth*, e R do termo *rough*, palavras de origem inglesa. A aparência lisa das colônias está relacionada à presença de uma cápsula de polissacarídeos nas bactérias virulentas. As bactérias não virulentas não apresentam esse envoltório. Em seus experimentos sobre modificação, Griffith utilizou linhagens de pneumococos atenuadas R, obtidas de culturas de linhagens virulentas S. Ele verificou a reversão para

---

6 O termo "princípio transformante" diz respeito ao fator responsável pela transformação bacteriana.

7 Pneumonia é a infecção do parênquima pulmonar ocasionada por uma invasão de vírus, bactérias ou outros microorganismos. No caso da pneumonia lobar, uma seção do pulmão (lobo) é afetada.

8 Os pneumococos estudados por Griffith foram: Tipo I, Tipo II, Tipo III e Grupo IV.

formas virulentas S a partir da inoculação sob a pele de ratos, de uma larga dose de cultura avirulenta R atenuada. Para ele, a reversão da virulência era facilitada pela massa de cultura inoculada subcutaneamente no rato, a qual forma um *nidus*[9] em que os pneumococos R são capazes de se desenvolver em formas encapsuladas e invadirem a corrente sanguínea. Entretanto, segundo Griffith, "esta proteção vinda de um mecanismo normal de defesa do animal não pode ser o único fator responsável por produzir a mudança, desde que, pneumococos atenuados R podem sobreviver inalterados em tecidos subcutâneos por duas ou três semanas sem qualquer proteção" (Griffith, 1966, p.145).

A reversão da variante R para S era devida, conforme Griffith, ao fato de as linhagens R atenuadas (obtidas originalmente de linhagens S) poderem reter em suas estruturas um antígeno S original, insuficiente em circunstâncias ordinárias para exercer um efeito patogênico no animal. Quando a linhagem é inoculada em considerável massa sob a pele do rato, "a maioria dos penumococos se rompe, e o antígeno S liberado pode fornecer um *pabulum* que os pneumococos R viáveis podem utilizar para a construção de sua estrutura rudimentar S" (Griffith, 1966, pp.145 e 146).

A substância ou antígeno S é, conforme Griffith,

> [...] uma estrutura proteica específica dos pneumococos virulentos que os capacita a produzir um carboidrato solúvel específico. Esta proteína parece ser necessária como material que capacita a forma R a construir a estrutura proteica específica da forma S (Griffith, 1966, p.67).

Griffith realizou experimentos para verificar se condições mais favoráveis à reversão poderiam ser fornecidas a partir da inoculação em ratos de uma massa de cultura derivada de pneumococos virulentos mortos juntamente com uma pequena quantidade de pneumococos R atenuados. Isso provaria, segundo ele, que o *nidus* e a alta concentração de antígeno S servem como um estímulo ou alimento para a reversão. Uma breve descrição de um dos experimentos de Griffith é apresentada a seguir:

Uma cultura de pneumococos virulentos S do Tipo II foi morta por aquecimento à 100 °C. A cultura foi concentrada por centrifugação e ino-

9 Local apropriado para reprodução das bactérias.

culada subcutaneamente em quatro ratos (50 c.c. em cada) juntamente com 0.5 c.c. da cultura R do Tipo II. Os quatro ratos morreram após 3 a 5 dias, com numerosos diplococos encapsulados em seu sangue, culturas as quais davam uma típica reação de aglutinação da linhagem virulenta Tipo II. No experimento controle, Griffith inoculou subcutaneamente em cada um dos dez ratos utilizados, a mesma quantidade da linhagem R, ou seja, 0,5 c.c, e 40 c.c de uma cultura de linhagem S Tipo I morta por aquecimento. Um dos ratos morreu em dois dias por infecção com bacilos Gram-negativos. Os demais morreram após sete dias, sem a infecção. As culturas feitas a partir dos tecidos dos ratos permaneceram estéreis, exceto em dois casos, que produziram poucas colônias R de pneumococos. O experimento controle mostrou que:

> 1 – Os pneumococos R do Tipo II permanecem atenuados na ausência da linhagem virulenta Tipo II morta pelo calor.
> 2 – Esta não foi auxiliada a restabelecer virulência pela presença da cultura Tipo I aquecida (Griffith, 1966, p.146).

Com relação aos experimentos de reversão utilizando tipos distintos, Griffith concluiu que a inoculação em tecidos subcutâneos de ratos de uma linhagem R derivada de um tipo juntamente com uma grande dose de cultura virulenta de outro tipo morta por aquecimento a 60 °C resulta na formação de pneumococos S virulentos do mesmo tipo da cultura aquecida. Por exemplo, a partir da inoculação em ratos de culturas S do Tipo III aquecidas a 60 °C e de linhagens R atenuadas do Tipo I ou II, obtinham-se colônias de linhagens S do Tipo III dos ratos mortos devido à pneumonia. As colônias S do Tipo III foram encontradas em uma frequência maior em ratos inoculados com linhagens R do Tipo II do que naqueles inoculados com linhagens R do Tipo I. Segundo Griffith,

> Esse fato fornece algum suporte à ideia que o tipo particular de linhagem R é o fator importante na produção de colônias do Tipo III. Acidentalmente, isto é evidência adicional contra a hipótese que pneumococos viáveis Tipo III persistiram na cultura após aquecimento (Griffith, 1966, p.158).

A justificativa de que a mudança teria ocorrido devido à sobrevivência de alguns pneumococos após o aquecimento foi desconsiderada, pois, se-

gundo Griffith, por meio dos métodos de cultura e inoculação animal, não houve evidências de pneumococos viáveis nas culturas aquecidas. Para ele, "parece não haver outra alternativa para a hipótese da transformação dos tipos" (Griffith, 1966, p.170).

Entendemos que o sentido dado por Griffith à palavra transformação é apenas descritivo. Segundo a etimologia dessa palavra, o antepositivo *form*, do latim forma, possui o significado de "forma, figura exterior, aparência, formato". O prefixo *trans*, da preposição trans do latim, atribui às palavras cinco possíveis acepções, uma delas tem significado de "mudança". Finalmente, *ação*, que, entre outras, possui a acepção de "capacidade, possibilidade de executar alguma coisa". Assim, a palavra *transformação* significa "capacidade de mudar a forma". No caso, a mudança de uma aparência rugosa para uma lisa (R → S), ou seja, de uma bactéria avirulenta para uma virulenta. A introdução do substantivo fator, que pode ser interpretado como "aquele que determina ou executa algo" ou "qualquer elemento que concorre para um resultado", deixa de ser apenas descritivo para uma especulação causal: aquilo que determina a capacidade de mudar de forma. Não sabemos quem cunhou a expressão "fator transformante", que é bastante utilizada nos livros-textos atuais e atribuída a Griffith. Como afirmamos, em seu trabalho ele usa a expressão *transformação*, que, como explicamos anteriormente, possui conotação diferente.

Os pesquisadores Avery, MacLeod e McCarty iniciaram um trabalho de análise mais detalhada do fenômeno de transformação dos tipos de pneumococos (Avery; Macleod; McCarty, 1944). Eles estavam interessados em isolar o fator capaz de induzir a "transformação" de variantes não virulentos oriundos de P*neumococcus* Tipo II em P*neumococcus* virulentos Tipo III e, se possível, identificar a sua natureza química ou ao menos caracterizá-lo o suficiente para classificá-lo em grupos gerais de substâncias químicas conhecidas, i.e, proteínas, lipídios, polissacarídeos ou ácidos nucleicos.

Para esse estudo, escolheram para investigação um exemplo típico de transformação, anteriormente realizado por Griffith – a transformação de uma variante R de pneumococos Tipo II em pneumococos Tipo III (Avery; Macleod; McCarty, 1944). Seus experimentos foram desenvolvidos *in vitro*, o que exigiu o conhecimento de diversas condições de cultura das amostras utilizadas – muitas delas já descritas em trabalhos anteriores por outros pesquisadores.

Dawson e Richard H. P. Sia, em 1931, efetuaram experimentos de transformação *in vitro* correspondentes aos que Griffith havia realizado *in vivo*. Um deles consistia no crescimento de pequenas quantidades de uma cultura R em meio de cultura adequado para o qual havia sido adicionada uma vacina[10] de Tipo S heteróloga (por exemplo, utilizava uma cultura R derivada de pneumococos S Tipo II e uma vacina de pneumomocos Tipo III), o que resultava na transformação das formas R para S do mesmo tipo empregado na vacina. Mostraram que tanto quanto *in vivo*, a transformação *in vitro* poderia ser seletivamente induzida, dependendo da especificidade do tipo de células S utilizadas, e encontraram algumas condições de produção das reações: para os experimentos serem bem sucedidos, havia que ser adicionado ao meio de cultura soro ou hemácias, e a transformação dos tipos era mais facilmente efetuada pelo emprego de soro anti-R no meio de cultura.

Em 1932, Alloway mostrou que o princípio ativo responsável pela transformação poderia ser extraído das células S na *forma solúvel*, e concluiu que, "pneumococos R avirulentos derivados de formas S de um tipo específico poderiam ser transformados pelo crescimento em caldo contendo soro anti-R e um aquecido, extrato filtrado de células S de pneumococos de um tipo diferente, para organismos S virulentos idênticos em tipo com as bactérias extraídas" (Alloway, 1932, p.98).

Os trabalhos citados anteriormente, praticamente contemporâneos aos estudos de Avery e colaboradores, foram fundamentais para que estes desenvolvessem os procedimentos metodológicos que adotaram em seus experimentos. Isto evidência o processo de construção do conhecimento científico a partir dos trabalhos de grupos de pesquisas que refutam ou corroboram as ideias de outros. Essas ideias podem ser aceitas e utilizadas pela comunidade científica ou não.

Avery considerou importante para a obtenção de resultados consistentes e reproduzíveis: o conhecimento de que as células de pneumococos possuem uma enzima intracelular que destrói a atividade do princípio transformante (esta é inativada quando o soro é aquecido a 60-65 °C) e a seleção cautelosa de uma variante R adequada – pois uma cultura R pode submeter-se a sucessivas dissociações e resultar em variantes que perdem a capacidade de responder aos estímulos transformantes. A variante R seleciona-

10 Células S encapsuladas mortas pelo calor.

da por Avery resultou de sucessivas culturas seriadas de pneumococos S do Tipo II.

Foi interessante o desenvolvimento de um método para determinar quantitativamente a atividade transformante de diversas frações de material ativo. Todos os fatores, condições de cultura e técnicas anteriormente citadas foram considerados. Os resultados dessa titulação da atividade transformante foram interpretados da seguinte maneira:

> As propriedades anti-R do soro no meio induzem as células R a aglutinarem durante o crescimento, e massas uniformes de células aglutinadas depositam-se no fundo do tubo deixando um sobrenadante claro. Quando a transformação ocorre, as células S encapsuladas, não sendo afetadas por estes anticorpos, crescem difusamente por todo o meio. Em outras palavras, na ausência da transformação o sobrenadante permanece claro, e somente crescimento sedimentado de células R ocorre. (Avery, Macleod; McCarty, 1944. p.142)

Em seu artigo, Avery, Macleod e McCarty (1944) posteriormente discorreram sobre os métodos para isolamento do princípio transformante. O material de origem do princípio ativo foi uma linhagem de pneumococos Tipo III, que dentre diversos procedimentos de crescimento e conservação, foram aquecidos a uma temperatura de 65 °C por 30 minutos (para inativação da enzima intracelular que destrói o princípio de transformação).

Um dos processos realizados no isolamento do princípio transformante envolveu a "desproteinização" e a remoção do polissacarídeo capsular, por meio do uso de uma preparação purificada da enzima de bactérias capaz de hidrolisar[11] o polissacarídeo capsular Tipo III (Avery; Macleod; McCarty, 1944, p.143).

Na tentativa de identificar o princípio ativo, Avery e colaboradores (1944) realizaram análises de diversas naturezas que refletem claramente uma busca incessante em relacionar o fator transformante ao DNA. Uma das análises envolveu o testes com diversas enzimas para avaliar capacidade destas em destruir a atividade biológica de extratos potentes. O tratamento dos extratos com tripsina[12], quimiotripsina e ribonuclease[13] não teve nenhum efeito sob o princípio transformante. Este fato, segundo Avery,

11 Sinônimo de quebra.

12 A tripsina e a quimiotripsina são tipos de enzimas que agem sob proteínas.

13 Enzima que cliva a molécula de RNA pela hidrólise de suas ligações.

Macleod e McCarty (1944, p.146), "é evidência adicional que esta substância não é ácido ribonucleico ou uma proteína suscetível da ação de enzimas trípticas". Interessante foi a justificativa dada por Avery para a realização do teste da atividade com a depolimerase: "Visto que no material transformante altamente purificado isolado de extratos de pneumococos foi encontrado ácido desoxirribonucleico, estas mesmas enzimas foram testadas para atividade depolimerase sob conhecidas amostras de ácido desoxirribonucleico isolado..." (Avery; Macleod; McCarty, 1944, p.146).

Apesar dos resultados obtidos por Avery e colaboradores excluírem a possibilidade da presença de proteínas, eles não afirmam convincentemente que o único constituinte do princípio ativo seria o DNA. Nas frases: "[...] é de especial interesse que no exemplo estudado, material altamente purificado e livre de proteínas consistindo grandemente, se não exclusivamente...." (Avery; Macleod; McCarty, 1944, p.152), e, "A evidência apresentada suporta a crença que um ácido nucleico do tipo desoxirribose é a unidade fundamental do princípio transformante..." (Avery; Macleod; McCarty, 1944, p.156), a afirmação acima é evidenciada.

Destacamos a colocação de Avery sobre uma possível limitação dos métodos: "Os dados obtidos por análises químicas, [...] indicam que, *dentro dos limites dos métodos*, a fração ativa não contém proteínas demonstráveis [...] e consiste *principalmente, se não somente,* de forma altamente polimerizada, viscosa de ácido desoxirribonucleico" (Avery; Macleod; McCarty, 1944, p.156, grifos nossos).

Na discussão, Avery, Macleod e McCarty, (1944, p.154) discorreram seus entendimentos acerca do processo envolvido na transformação:

> Os eventos bioquímicos que são a base do fenômeno sugerem que o princípio transformante interage com a célula R causando uma série coordenada de reações enzimáticas que culminam na síntese do antígeno capsular Tipo III. Os achados experimentais têm claramente demonstrado que as alterações induzidas não são aleatórias mas previsíveis, sempre correspondendo em especificidade do tipo para aquelas das células encapsuladas da qual a substância transformante foi isolada. Uma vez que a transformação tem ocorrido, as características novamente adquiridas são desde então transmitidas em séries através de inúmeras transferências em meio artificial sem nenhuma adição do agente transformante. [...] É evidente, portanto, que não somente o material capsular é reproduzido em sucessivas gerações mas que o fator primário, que controla a ocorrência e a espe-

cificidade do desenvolvimento capsular, é também reduplicado nas células filhas. [...] Igualmente, se não mais significante é o fato que estas mudanças são previsíveis, tipo-específicas, e herdáveis. (Avery; Macleod; McCarty, 1944, p.154)

Avery relacionou as mudanças à hereditariedade, mas não deixou claro o estabelecimento entre uma possível função do DNA nesse processo. As questões levantadas sobre a limitação dos métodos e a identificação de uma entidade química talvez *não* pura podem ter aberto espaço para um campo obscuro de dúvidas.

Interpretações historiográficas sobre os resultados obtidos por Avery e colaboradores

A Tabela 1 apresenta os títulos das publicações por nós analisadas:

Tabela 1: Dados das publicações analisadas.

Título	Autor	Ano de publicação
Genética Molecular	Aron Gib. Debusk	1971
Genética Médica	James. S. Thompson e Margaret W. Thompson.	1974
Genética	Eldon J. Gardner e D. Peter Snustad	1986
Princípios básicos de Genética Molecular	Irwin H. Herskowitz	1971
Genética	William D. Stansfield	1985
Princípios de Bioquímica	Albert L. Lehninger	2002
História da Biologia Molecular	Rudolf Hausmann	2002
A dupla revolução da dupla hélice	Pascal Acot	2003
DNA: o segredo da vida	James D. Watson e Andrew Berry	2005

Em estudos históricos que discutem a contribuição de Avery e colaboradores na compreensão do DNA como portador da informação hereditária, é possível encontrar diferentes posições, como, por exemplo, a de Pascal Acot, que comentou:

Em nenhum momento Avery menciona a ideia de hereditariedade nesse artigo. Muitos historiadores das ciências consideram que Avery focaliza estritamente sua reflexão no fator transformante do pneumococo, o que teria impe-

> dido de compreender plenamente o papel do DNA em matéria de hereditariedade (Acot, 2003, p.4).

Destacamos que Avery e colaboradores, na conclusão de seu artigo, não evidenciaram a relação entre o DNA e hereditariedade. Porém, na introdução mencionaram os esforços de biologistas para entender quimicamente o mecanismo de indução de mudanças previsíveis e específicas em organismos superiores que poderiam ser transmitidas em séries como características hereditárias. Em seguida, os autores relataram os exemplos de alterações herdáveis e específicas em microorganismos.

No livro *História da Biologia Molecular*, Rudolf Hausmann também fez considerações acerca da conclusão do trabalho de Avery:

> Em suma, o trabalho ao qual [...] Avery dedicou-se totalmente os últimos anos de sua vida [...] era minucioso inatacável[14], valendo até hoje de competência e técnica e escrúpulo. Porém a única afirmação que os três autores ousaram fazer foi: "as observações expostas apoiam a suposição de que um ácido nucleico, do tipo da desoxirribose, seja a unidade básica do princípio transformante do *Pneumococcus* Tipo III" (Hausmann, 2002, p.98).

Ressaltamos que Hausmann aventou que um dos motivos que levaram Avery a omitir a relação entre a hereditariedade e o DNA pode ter sido:

> Porém, quem sabe?... Talvez o gene proteico fosse especialmente termoresistente? Ou talvez fossem os genes protegidos pelo DNA, que possivelmente, desempenhavam uma função decisiva, embora não determinante de especificidade? O engano de Willstätter[15] em relação à natureza das enzimas [...], cerca de 15 anos antes, ainda estava vívido na lembrança! Avery et al. (1944) se eximiu com cautelas (Hausmann, 2002, p.92).

Acot mencionou que alguns historiadores atribuem à excessiva modéstia de Avery o fato de ele não ter interpretado o DNA como responsável pela hereditariedade, e acrescentou:

---

14 Entendemos que a afirmação de Hausmann de que o trabalho de Avery "era minucioso inatacável" baseia-se em uma visão contemporânea, visto que em nossa análise acerca do contexto histórico em que esse trabalho se deu, identificamos algumas críticas, que serão apresentadas ao longo desta dissertação.

15 Segundo Hausmann (2002), Richard Willstätter afirmava que enzimas não eram proteínas.

> A seu favor, convém lembrar que em 1944 a comunidade científica não estava pronta para atribuir ao DNA um papel de hereditariedade, considerando que esta molécula era por demais regular e monótona em comparação com a complexidade tão rica das proteínas. Muitos pesquisadores avançaram, portanto a ideia de que os resultados de Avery podiam explicar-se por uma contaminação das preparações de DNA pelos traços de proteínas (Acot, 2003, p.4).

Com relação às controvérsias acerca da aceitação dos resultados de Avery pela comunidade científica, estas são reportadas no livro *DNA: o segredo da vida*, de Watson e Berry, da seguinte forma:

> Em parte por causa das suas implicações explosivas, a monografia apresentada em 1944 por Avery, Macleod e McCarty foi recebida com sentimentos ambíguos. Muitos geneticistas aceitaram as conclusões. Afinal, se o DNA é encontrado em todo cromossomo, por que não haveria de ser o material genético por excelência? Por sua vez, contudo, a maioria dos bioquímicos expressou dúvida quanto ao DNA ser uma molécula suficientemente complexa para agir como repositório de uma quantidade tão vasta de informações biológicas. Continuaram acreditando que as proteínas, o outro componente dos cromossomos, acabariam por se revelar a substância da hereditariedade (Watson; Berry, 2005. p.52).

Hausmann (2002) citou alguns autores, entre eles, Erwin Chargaff (1905-1992) e Joshua Lederberg (1925-2008), que enunciaram, após a década de 1960, a importância dos trabalhos de Avery. Porém, segundo Hausmann, na publicação de Chargaff (1950) e de Zinder e Lederberg (1952), os trabalhos de Avery foram citados de forma irrelevante. Ele ainda acrescentou que esses trabalhos foram omitidos nas publicações de 1953 de Watson e Crick, nas publicações do fisiologista Maurice Hugh Frederick Wilkings (1916-2004), da biofísica americana Rosalind Franklin (1920-1958) e do físico Raymond Gosling.

A partir das considerações anteriores, percebemos indícios que apontam para o baixo impacto dos trabalhos de Avery dentro da comunidade científica da época. Além das publicações aqui analisadas que tratam da história da Biologia Molecular, no livro texto de Lehninger, a hipótese de contaminação do preparado de DNA por vestígios proteicos levantada por pesquisadores na época também foi mencionada, conforme a citação a seguir:

> Avery e seus colaboradores concluíram que o DNA extraído da cepa virulenta transportava a mensagem geneticamente herdável da virulência. *Nem todos aceitaram essas conclusões, porque traços de impurezas proteicas presente no DNA poderiam ter sido o transportador real da informação genética. Essa possibilidade logo foi eliminada pela descoberta de que o tratamento do DNA com enzimas proteolíticas não destruía a atividade transformadora, mas sim o tratamento com desoxirribonuclease* (enzimas que hidrolisam o DNA) (Lenhinger, 2002, p.256, grifos nossos).

Chamamos a atenção para o fato de que Avery e colaboradores, diferente da afirmação de Lehninger, não relacionaram o DNA à hereditariedade diretamente. Além disso, o trecho em destaque na citação anterior induz a pensar que os tratamentos com proteases, desoxirribonucleases e ribonucleases foram realizados em um experimento posterior aos relatados no artigo de Avery e colaboradores (1944). Porém, nesse artigo já estão descritos tais tratamentos.

Diante da constatação de que o livro texto citado anteriormente faz referências a aspectos históricos do tema em questão, na próxima subseção discutimos as possíveis abordagens históricas presentes nos livros textos analisados.

Com relação às abordagens históricas dos trabalhos de Avery e colaboradores, destacamos que elas foram observadas em todas as fontes por nós consultadas. Constatamos que, nos livros textos analisados, em geral, nos tópicos em que são descritos os experimentos de Avery acerca da natureza química do "princípio transformante", há uma relação direta entre este e o material genético. Por exemplo, em Debusk (1971), o tópico intitula-se *O DNA como material genético*. Ideia similar é apresentada nos tópicos de Gardner e Snustad (1986) e Lehninger (2002), em que os trabalhos de Avery são discutidos. Contudo, conforme já comentamos na análise histórica, essa relação não é claramente estabelecida por Avery e colaboradores. Em Thompson e Thompson (1974), a palavra *Evidências* no título do tópico sugere certa cautela na abordagem dos experimentos de Avery como *evidências* de que o DNA é o material genético. Já em Herskowitz (1971), o título *A transformação genética de bactérias* aparentemente preocupa-se em fornecer informações recentes acerca da transformação, pois utiliza a palavra genética, que não foi empregada pelo médico inglês Frederick Griffith (1877-1941) em seus trabalhos sobre transformação bacteriana e nem por Avery e colaboradores.

Para Lehninger (2002), os trabalhos de Avery foram a "primeira evidência direta de que o DNA é o possuidor da informação genética". Essa opinião é compartilhada pelos outros autores de livros-textos por nós analisados (ver tabela I). No entanto, conforme discutido no subitem 1.1, evidências sugerem que pesquisadores renomados da época não consideraram em suas pesquisas os dados obtidos por Avery – sendo estes completamente ignorados. Isso parece estabelecer uma enorme contradição entre o que livro-texto dispõe atualmente como fundamental evidência ao desenvolvimento da relação DNA – informação genética e a importância atribuída aos trabalhos, no período em que foram publicados, que permeavam essa ideia.

Herskowitz (1971) fez uma breve descrição a respeito da maneira como o material genético de uma bactéria pode ser modificado por DNA de uma linhagem diferente, porém em momento algum mencionou os nomes de Griffith ou Avery. Interpretamos essa abordagem com ahistórica. Stansfield (1985) não fez referência aos trabalhos de Avery.

Lehninger (2002), apesar de iniciar a temática aqui tratada com uma perspectiva histórica diacrônica, se referindo aos estudos do núcleo da célula, posteriormente, quando se referiu à relação do DNA com a informação genética, fez uma descrição bastante simplista dos experimentos de Avery:

> Esses pesquisadores descobriram que o DNA extraído de uma cepa virulenta (causadora da doença) da bactéria *Streptococcus pneumoniae*, também conhecida como pneumococo, transformava geneticamente uma cepa não virulenta desse organismo em uma forma virulenta (Lehninger, 2002, p.256).

Ressaltamos que Avery e colaboradores não utilizaram expressões como "transformava geneticamente".

Em Thompson e Thompson, observamos uma história anacrônica: "A interpretação foi de que algum DNA do Tipo III S foi incorporado ao material genético dos II R, ocasionando uma transformação permanente" (Thompson e Thompson, 1974, p.23).

Consideramos as abordagens de Lehninger (2002) e Thompson e Thompson (1974), anteriormente mencionadas, problemáticas, pois as explicações atuais foram utilizadas como se tivessem sido dadas por Avery, o que ocasiona distorções históricas.

Em DeBusk, encontramos uma história pautada em nomes e datas: "Foi somente em 1944 que três pesquisadores, Avery, Macleod e McCarty, rea-

lizaram o experimento crucial de fracionamento das células mortas para identificar a substância responsável pela transformação" (DeBusk, 1971, p.19) – o que, frente a todo o contexto científico metodológico em que os experimentos de Avery ocorreram, é extremamente reducionista. Isto fica evidente na expressão "experimento crucial". Ela remete a uma estância decisória em que possíveis alternativas serão eliminadas e somente uma restará.

No livro *Genética*, embora os experimentos de Avery não tenham sido tratados de forma detalhada, os autores lembraram que "Avery, Macleod e McCarty publicaram o resultado de um conjunto de extensos e trabalhosos experimentos" (Gardner e Snustad, 1986, p.64). Há um panorama geral do contexto científico existente durante os trabalhos de transformação de pneumococos, principalmente aqueles referentes a Griffith – o que, a nosso ver, permite que os leitores desse livro reconheçam que a construção de um conhecimento científico não se dá de forma isolada ou pontual.

Considerações finais

De maneira geral, consideramos que os livros-textos analisados apresentam uma abordagem histórica superficial do tema estudado, sendo que alguns deles possuem informações que não são consistentes com o artigo de Avery, por exemplo, Acot (2003) e Lehninger (2002). Em relação às fontes secundárias por nós consultadas, que tratam da História da Biologia Molecular, estas reforçam a ideia de que há um hiato entre a publicação do artigo de 1944 e o reconhecimento da molécula de DNA como material genético. Porém, nenhuma delas discute profundamente as causas desse fato. Nossos dados apontam para a necessidade de *estudos mais aprofundados acerca de novos estudos relacionados ao tema, baseados em fontes primárias e secundárias confiáveis.*

Referências bibliográficas

ACOT, P. A dupla revolução da dupla hélice. *Ciencia & Ambiente,* v.26, pp.7-26, 2003.

ALLOWAY, J. L. The transformation in vitro of R pneumococci into S forms of different specific types by the use of filtered pneumococcus extracts. *J. Exp. Med.* v.55, pp.91-99, 1932.

AVERY, O. T.; MACLEOD, M.; MCCARTY, M. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid frtion isolated from pneumococcus Type III. *The Journal of Experimental Medicine*, v.79, n.2, pp.137-158, 1944.

CAMARGO, S. D*iscursos presentes em um processo de reestruturação curricular de um curso de Licenciatura em Física:* o legal, o real e o possível. 2007. 287 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2007.

DAWSON, M. H. The Interconvertibility of R and S forms of pneumococcus. *J. Exp. Med.* v.XLVII, n.4, pp.577-591, 1928.

DAWSON, M. H.; SIA, R. H. P. In vitro transformation of pneumococcal types. I. a technique for inducing transformation of pneumococcal types in vitro. *J. Exp. Med.* v.54, pp.681-699, 1931.

DEBUSK, Aron Gib. *Genética Molecular*. Trad. José. T. do Amaral Gurgel e João Lúcio Azevedo. Universidade de São Paulo e Polígono, São Paulo, 1971.

GARDNER, E. J.; SNUSTAD. D. P. *Genética.* 7.ed. Guanabara, Rio de Janeiro, 1986

GRIFFITH, F. The significance of Pneumococcal Types. *The Jounal of Higiene*, v.64, n.2, pp.129-165, 1966.

HAUSMANN, R. *História da biologia molecular.* 2.ed. Fundação de Pesquisas Científicas de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2002.

HERSKOWITZ, Irwin H. *Princípios Básicos de Genética Molecular.* Trad. Eleneide R. de S. Nazareth e Joyce A. D, Andrade. Companhia Editora Nacional, Editora da USP, São Paulo, 1971.

HESS, E. L. Origins of Molecular Biology. *Science*, New Series, v.168, n.3932, pp.664-669, 1970.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de Bioquímica*. Trad. Aranaldo Antônio Simões e Wilson Roberto Navega Lodi. 3.ed. Sarvier, São Paulo, 2002.

LIMA, S. G. et al. História da Ciência nos livros didáticos: a sua utilização pelos professores no ensino da circulação sanguínea. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Belo Horizonte. A*nais*... Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007. 1 CD-ROM.

MARTINS, L. A. P. A História da Ciência e o Ensino da Biologia. *Ciência & Ensino,* n.5. 1998.

________. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação*, v.11, n.3. pp.305-17, 2005.

MENEGHINI, R. Da química biológica à biologia molecular. *Centenário Heinrich Rheinboldt: 1891-1991* (P. Senise, editor). Univ. de São Paulo – Inst. de Química. São Paulo. pp.159-166, 1993.

PESSOA, O. Quando a abordagem histórica deve ser usada no Ensino de Ciências? *Ciência & Ensino,* n.1, 1996.

STENT, G. S. That Was the Molecular Biology That Was. *Science*, New Series. v.160, n.3826, pp.390-395, 1968.

THOMPSON, James S; THOMPSON, Margaret W. *Genética Médica.* Trad. Paulo Armando Motta. Atheneu, 1974.

WATSON, J. D.; BERRY, A. *DNA:* o segredo da vida. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

4
Corpo e vida nas representações de estudantes do Ensino Fundamental*

Ana Carolina Biscalquini Talamoni[1]
Claudio Bertolli Filho[2]

Introdução

O presente capítulo tem por objetivo discutir as representações de alunos do Ensino Fundamental acerca do corpo humano e suas implicações no contexto do Ensino de Ciências. Inúmeras têm sido as investigações acerca das representações, haja vista a importância e influência que estas exercem no processo de ensino, e aprendizagem das Ciências. No que diz respeito especificamente ao conteúdo corpo humano, esta questão torna-se ainda mais complexa, pois, para além de ser objeto de estudo específico da Biologia e, portanto, conteúdo programático das disciplinas de Ciências ao longo do processo de escolarização, este corpo é também o arcabouço a partir do qual o processo de ensino e aprendizagem se torna possível.

O corpo e as Ciências

É possível constatar a existência de diversas perspectivas por meio das quais o Homem – ao longo da história – buscou compreender o corpo huma-

---

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista –Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Ciências Humanas e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências.

* Apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

no, situando-o no desenvolvimento da vida e do conhecimento, bem como no estabelecimento das relações do ser humano com a natureza e com os outros homens. Esses conhecimentos são constantemente desenvolvidos e reformulados, trazendo sempre em seu bojo novos pontos de vista acerca dos hábitos e costumes corporais mais adequados aos indivíduos, o que, em última instância, objetiva a educação do corpo e, portanto, desses mesmos indivíduos para a civilidade e sociabilidade. É dessa forma que o processo civilizacional dar-se-á por meio da contenção e formatação dos corpos e, sobretudo, na construção e manutenção de saberes, hábitos e costumes por meio dos quais identificamos os indivíduos "civilizados" ou não.

Para além dos conhecimentos produzidos pela Biologia e Medicina, é possível observar que o corpo também tem sido o objeto de estudos, análises e reflexões das mais diversas disciplinas científicas, como a Filosofia, a Sociologia, a Antropologia, a Psicologia etc. O problema do estudo e da compreensão do corpo reside justamente na eleição, pelas disciplinas científicas, de um determinado aspecto sobre o qual se aprofunda o conhecimento em detrimento dos outros, bem como ao caráter extremamente generalista e ao mesmo tempo intimista de todo estudo que se pretenda, já que o corpo humano é um corpo geral, universal, que, no entanto, só pode ser por mim representado a partir de meu próprio corpo (Talamoni, 2007). O fato é que o corpo é objeto de estudo das Ciências Biológicas e Humanas e, para além de sua importância enquanto fonte (ou objeto) do conhecimento científico, ele ocupa na vida de cada um um "lugar singular", ou melhor, o corpo é o lugar singular a partir do qual compreendemos o mundo.

Essas dificuldades inerentes à compreensão do corpo encontram-se presentes no processo educativo. Alunos e professores são igualmente interpelados pelas cobranças sociais, bem como pelas diversas fontes de informação que interferem na construção e/ou manutenção de suas representações do corpo e, consequentemente, em sua corporalidade. Acredita-se, portanto, que as representações nutridas pelos estudantes acerca do corpo, bem como as maneiras por meio das quais são chamados a viverem seus próprios corpos, influirão na dinâmica educacional, bem como no processo de ensino e aprendizagem. Aliadas a essas dificuldades, pode-se apontar também para a discordância e distância existentes entre essas representações – que são pessoais e/ou culturais – e as representações científicas do corpo humano, o que configura talvez a maior dificuldade/desafio ao ensino de Ciências no que diz respeito a este conteúdo específico.

Corpo, educação e cidadania

Para situar o tratamento destinado ao conteúdo específico corpo humano no contexto educativo, é necessário, em um primeiro momento, delinear o papel que a educação e a escola desempenham, ou deveriam desempenhar, na sociedade brasileira. Neste direcionamento, propõe-se pensar a escola e a educação a partir dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) e da LDB (Lei de Diretrizes e Bases), ou seja, por meio de um conjunto de documentos oficiais que trazem em seu bojo as aspirações da política educacional brasileira e que, por meio de leis, normas e parâmetros, regulamentam a educação no Brasil. Esses documentos, que tantas vezes se mostram permeados por contradições e são passíveis de muitas críticas, ainda assim constituem-se nos fios a partir dos quais as práticas educativas são tecidas em nosso país.

Os conceitos de educação e cidadania estão intrinsecamente relacionados nos documentos oficiais enquanto direito de todos e dever do Estado, precisando ser compreendidos profundamente, de forma que se torne possível pensar o corpo não somente enquanto conteúdo a ser abordado pela educação e, mais especificamente, pelo ensino de Ciências, mas objeto por meio do qual a educação e a cidadania se realizam. Assim, deixa de ser mero conteúdo para ser um objeto central do processo de ensino e aprendizagem: é o início e o fim desse processo.

Segundo o art. 2º da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Brasil, 1996) – a Lei de Diretrizes e Bases – a educação "(...) é dever da família e do estado, inspirada nos princípios da liberdade e nos ideais de solidariedade humana; tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho" (art. 2º). Compreende-se, assim, que a educação não ocorre apenas nas dependências da escola, e que, portanto, o aluno possui uma infinidade de conhecimentos, adquiridos nas várias esferas da sua vida pública e privada. Também é possível inferir que a educação formal objetiva não somente a apropriação de conhecimentos que garantam ao indivíduo uma formação básica, mas também que esse mesmo indivíduo se desenvolva ao longo do processo educativo de forma a viver dignamente, como lhe deve ser garantido enquanto cidadão brasileiro (Talamoni, 2007, p.8).

Os PCN (1998a) constituem-se em um conjunto de documentos "norteadores", que se apoiam em normas legais e que, a princípio, têm por fina-

lidade contribuir junto a problemas educacionais específicos. Na sua Introdução, abordam a necessidade de uma educação de qualidade, que garanta as aprendizagens essenciais para a formação de cidadãos brasileiros autônomos, críticos e participativos, capazes de atuar com competência, dignidade e responsabilidade na sociedade em que vivem (Brasil, 1998a, p.21).

Essa educação pretendida deve ocorrer dentro do espaço formal da escola, à qual são atribuídas diversas funções correlatas ao processo educativo. Seria papel da escola valorizar os conhecimentos provenientes da cultura e ao mesmo tempo possibilitar ao aluno acesso aos "conhecimentos socialmente relevantes" que fazem parte do "patrimônio universal da humanidade". Nesse encaminhamento, os PCN buscam traduzir os objetivos educacionais em habilidades a serem dominadas pelos alunos ao final do Ensino Fundamental, tais como: a) compreender a cidadania como participação social e política; b) posicionar-se de maneira crítica, responsável e construtiva nas diferentes situações sociais; c) conhecer as características fundamentais do Brasil nas dimensões sociais, materiais e culturais e valorizar a pluralidade do patrimônio sociocultural brasileiro; d) perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente; e) desenvolver o conhecimento ajustado de si mesmo e o sentimento de confiança em suas capacidades afetiva, física, cognitiva, ética, estética, de inter-relação pessoal e de inserção social, para agir com perseverança na busca do conhecimento e no exercício da cidadania; f) conhecer o próprio corpo e dele cuidar, valorizando e adotando hábitos saudáveis; g) utilizar diferentes linguagens – verbal, musical, matemática, gráfica, plástica e corporal – como meio para produzir, expressar e comunicar suas ideias; h) saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos; i) questionar a realidade, formulando problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica (Brasil, 1998a, p.55-56).

Ressalta-se que esses objetivos educacionais estão sintonizados a um projeto de cidadão e a um projeto de sociedade. Portanto, podem e devem ser questionados por todos aqueles que se situam no campo da educação e da política, sendo que à área da Educação para a Ciência é designada tarefa ainda maior e mais complexa, já que a alfabetização científica torna-se cada vez mais premente para o entendimento do mundo e para o domínio das novas tecnologias – elementos sem os quais não é possível pensar em cidadania.

Ferreira (1993, p.1) observa que "a cada nova concepção de racionalidade corresponde um projeto de educação para os homens". Esses projetos se modificam ao longo do tempo, e de acordo com os fins da educação, são estabelecidos os objetivos educacionais, como "pequenos passos" em direção a um fim maior, que neste caso é o "exercício da cidadania". Segundo Ferreira (1993), a cidadania pode ser interpretada em seu aspecto positivo ou negativo. O aspecto negativo se caracteriza pela passividade do indivíduo diante da realidade que o rodeia; pela impossibilidade de ação e participação nos processos decisórios que envolvem sua própria vida. Já em seu aspecto positivo, ressalta-se a "atividade", que consiste na capacidade do indivíduo em pensar criticamente e operar no meio social, influenciando-o e modificando-o, o que seria o pleno exercício da cidadania.

Situando-se em um sistema de classificação que pressupõe a igualdade e a diferença, a cidadania também poderia ser entendida como "sistema de referência ao não cidadão", sendo uma forma de inclusão que exclui indivíduos, o que daria à educação um caráter normativo e alienante. Se este não é o objetivo da educação no Brasil, que parece almejar a formação de cidadãos conscientes, caberá à escola o papel de discutir as diferenças, muitas delas inscritas nos corpos e nas percepções corporais dos indivíduos. Nos PCN (Brasil, 1998b), para o terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental (sexto ao nono anos), o tema "corpo humano" aparece para ser contemplado dentro das Ciências Naturais no eixo temático "Ser Humano e Saúde", dentre outros.

O estudo do corpo humano deve ser reiterado em várias ocasiões e sob vários aspectos durante o Ensino Fundamental, tornando-se cada vez mais complexo para os estudantes, que devem compreender sua integridade e serem capazes de estabelecer relações entre os vários processos vitais, entre estes e o ambiente, a cultura e a sociedade: "São essas relações que estão expressas na arquitetura do corpo e fazem dele uma totalidade" (Brasil, 1998b, p.45). O conhecimento sobre o corpo humano para o aluno deve estar associado a um melhor conhecimento do seu próprio corpo, com o qual possui uma certa intimidade derivada de suas percepções subjetivas, porque cada corpo é "individual" e "único". A abordagem do tema "corpo humano" de forma mais ampla, considerando as dimensões biológica, psicológica e social, buscará favorecer a apropriação do próprio corpo pelos adolescentes, assim como "contribuir para o fortalecimento da autoestima e

conquista de maior autonomia, dada a importância do corpo na identidade pessoal" (Brasil, 1998b, p.318).

Os PCN ainda propõem que os educadores utilizem como metodologia a investigação das representações que os alunos têm sobre o corpo, sobre seus conhecimentos prévios, informações e fantasias relacionadas às mudanças do corpo, muito comumente geradoras de curiosidade e ansiedade. Observa-se pelas indicações dos PCN, que o tema corpo deve ser abordado em toda sua complexidade, considerando as dimensões sociais, culturais e emocionais a ele subjacentes. Enfim,

> O corpo, como sede do ser, é uma fonte inesgotável de questões e debates, que vão muito além do que é habitual incluir nos estudos da sua anatomia e fisiologia (Brasil, 1998c, p.321).

O Campo da Educação para a Ciência

Adentrando o campo específico da Educação para a Ciência, Canavarro (1999) observa que as disciplinas científicas como a Física, a Química e a Biologia foram incorporações relativamente recentes nos currículos escolares – datando do final do século XIX – em razão do "reconhecimento da importância da ciência e da tecnologia na economia das sociedades". Foi com a "construção e lançamento da bomba atômica" que a Ciência e a Tecnologia "transformaram-se em grandes empreendimentos" e em dois importantes determinantes da sociedade, do seu desenvolvimento, da sua cultura e da sua sobrevivência (Canavarro, 1999, p.81).

A mudança de uma educação clássica para uma educação de bases científicas tornou-se, assim, imprescindível para que os cidadãos ficassem aptos a lidar com um conjunto de questões ainda não contempladas pelo sistema educativo, questões estas que perpassavam pelas consequências do desenvolvimento tecnológico nas sociedades, bem como a necessidade de se abordar um conjunto de conhecimentos que pudessem tornar os indivíduos hábeis a compreender, e a viver, esse novo ambiente.

Para garantir a aprendizagem de conteúdos científicos, várias pesquisas e modelos de ensino e aprendizagem têm sido propostos. Mesmo partindo de epistemologias diversas, parece consenso que a educação científica deve estar conforme com as necessidades sociais, contribuindo para que os

indivíduos se desenvolvam e autorregulem suas aprendizagens (Canavarro, 1999, p.89). Diante desse papel que deve cumprir a educação científica, reitera-se a importância dos processos cognitivos e "metacognitivos" na realização de uma aprendizagem com significado, porque é somente por meio dela que os indivíduos poderão lançar mão de seus conhecimentos em benefício de sua própria vida e da vida em sociedade.

Essas observações remetem à influência da visão construtivista no ensino de Ciências, e mais especificamente, no processo de ensino-aprendizagem das Ciências, pois se centra predominantemente na construção de conhecimentos com significado, contextualizados, ensinados e aprendidos em um determinado contexto (sala de aula), porém, com aplicação ou generalização a tantos outros, tais como a vida cotidiana. Desta forma, aprender Ciências deve importar aos alunos como uma forma de se relacionar e compreender o meio em que vivem, eliminando a possibilidade de que as Ciências possam ser ensinadas e/ou aprendidas de forma "conteudista".

Essas observações de Canavarro (1999) resumem o pensamento formal derivado das pesquisas em Educação para a Ciência, pensamento este que deu origem à proposição de uma série de modelos teóricos que visavam tanto compreender as especificidades da educação científica como tentar sanar as dificuldades inerentes a ela. Observa-se, portanto, a partir das pesquisas realizadas nas décadas de 1970 e 1980 – que se caracterizaram pelos estudos sobre as concepções espontâneas e pelo advento do ensino por mudança conceitual –, uma forte tendência a considerar as teorias construtivistas como aquelas mais adequadas e coerentes tanto para compreender o ensino e a aprendizagem de conteúdos científicos, bem como para lançar luz a práticas pedagógicas específicas.

Ao refletir sobre como os indivíduos aprendem e as particularidades do ensino de Ciências, pesquisadores da área puderam fazer constatações importantes, como salienta Bastos et al. (2004, p.10):

> [...] duas importantes suposições tornaram-se possíveis: os alunos, a partir de suas experiências com objetos, eventos, pessoas, informações da mídia, etc., constroem por si mesmos uma variedade de ideias e explicações acerca das coisas da natureza; as ideias e explicações construídas pelos alunos podem ser consideravelmente resistentes à mudança e funcionar como importantes obstáculos à aprendizagem escolar.

Tentando resolver o impasse que se estabelece nos indivíduos, diante da possibilidade de haver concepções espontâneas, incompatíveis com as ideias/explicações científicas acerca dos fenômenos da natureza, surgem a partir da década de 1980 "debates e pesquisas que visavam estabelecer de que forma essas concepções poderiam ser eliminadas ou transformadas, dando lugar a concepções que fossem coerentes com os conhecimentos científicos atuais. Surgiram então diversos trabalhos que tinham como finalidade discutir os processos mentais que conduzem à mudança conceitual e identificar as condições objetivas (contextos de ensino e aprendizagem) que estimulam o indivíduo a voluntariamente substituir suas concepções alternativas por concepções mais adequadas do ponto de vista científico" (Bastos et al., 2004, p.10).

Das inúmeras contribuições dessas pesquisas, aponta-se para a constatação de que professores e alunos, ao adentrarem a sala de aula, trazem consigo uma variedade de ideias a respeito dos fenômenos naturais e dos conteúdos do ensino de Ciências que interferem no ensino e na aprendizagem e que foram denominadas "concepções, conceitos ou ideias alternativas, ingênuas, intuitivas, espontâneas ou de senso comum" (Bastos et al., 2004, p.10).

Essas concepções foram objeto de estudo de muitos pesquisadores, dentre eles Posner e colaboradores (1982), que propuseram a "mudança conceitual" – ou seja, a "substituição" das ideias espontâneas por conceitos científicos – como objetivo final do processo de ensino e aprendizagem, sugerindo que essa mudança seria a própria aprendizagem. A influência de Piaget e da Teoria Psicogenética ficou clara na teoria da mudança conceitual, principalmente no que se refere aos termos e conceitos desenvolvidos e/ou utilizados por Posner e colaboradores (1982), como a "assimilação" e "acomodação".

Ao utilizar o conceito de "ecologia conceitual", os autores referem-se ao conjunto preexistente de ideias que influenciam na seleção de novos conceitos ou teorias, determinando a direção da "acomodação". Atentam assim para a existência e influência das "concepções espontâneas" ao processo de ensino e aprendizagem das Ciências.

Para que ocorra a mudança conceitual, existem algumas condições a serem consideradas, tais como a "anomalia" (impossibilidade de utilização dos conceitos correntes em situações novas ou problemáticas) e a "resis-

tência" (dificuldade em abandonar as concepções espontâneas, até que o indivíduo se convença da necessidade de uma mudança mais radical de seus conceitos), fenômenos estes que desencadeiam e dificultam, respectivamente, o processo de aprendizagem de novos conceitos. Por fim, para que haja a "acomodação" de um novo conceito, é necessário que este seja "inteligível", "plausível" e "fértil", segundo os autores do ensino por mudança conceitual (Posner et al., 1982).

Esteve presente nas pesquisas sobre as concepções espontâneas dos alunos, de forma implícita ou explícita, a ideia de que tanto os conhecimentos cotidianos quanto os científicos são representações da realidade, construções mentais decorrentes das contínuas interações do indivíduo com o mundo que o rodeia. Esse caráter "interacionista" da aprendizagem fez com que as propostas de ensino derivadas dessas pesquisas fossem reunidas sob o rótulo geral de "construtivismo" (Bastos et al., 2004, p.12), sobre o qual recaíram de forma generalizada as duras críticas ao ensino por mudança conceitual. Desconsiderou-se nesse processo a pertinência de alguns pressupostos caros às discussões acerca do processo de ensino e aprendizagem das Cências, tais como a influência dos conhecimentos prévios na construção de novos conhecimentos.

No entanto, vários modelos de ensino foram propostos a partir dos estudos e pressupostos das teorias sobre as concepções espontâneas. Canavarro (1999) resgata alguns desses modelos que foram amplamente divulgados e utilizados no ensino de Ciências, cuja menção torna-se importante para uma melhor contextualização das discussões e propostas nessa área específica de conhecimento.

O "Modelo Construtivo de Glynn e Duit" prioriza, na perspectiva de Canavarro (1999), a aprendizagem da Ciência "com significado", baseando-se no confronto entre os modelos mentais dos alunos e os modelos conceituais, por meio de estratégias reflexivas, levando os alunos a questionarem seus conhecimentos prévios. Essa visão de aprendizagem está, para Canavarro (1999), intrinsecamente relacionada ao modelo de mudança conceitual proposta por Posner et al. (1982), já que nesse modelo é imprescindível que o aluno tome consciência das limitações de seu próprio conhecimento, o que geraria o grau de insatisfação necessária à construção de uma nova representação.

O modelo do "Portfólio Cultural", por sua vez, caracteriza-se por uma organização dos conteúdos e das práticas pedagógicas que privilegiem a in-

teração entre professor e aluno, entre aluno e aluno, permitindo a organização de modelos conceituais de Ciência a partir do impacto causado pelos conhecimentos científicos nos conhecimentos prévios. As dúvidas acerca da viabilidade dos conhecimentos prévios alterariam a "epistemologia pessoal" do aluno, sendo um "salto qualitativo" com relação ao que ocorre no indivíduo na perspectiva do modelo de mudança conceitual (Canavarro, 1999, p.105).

Com relação ao "Modelo de Aprendizagem da Ciência Centrada no Problema"; de Wheatley, este implica na adoção de práticas comunicacionais específicas em sala de aula para a resolução de problemas. As proposições de tarefas e de problemas a serem resolvidos permitem o questionamento, por parte dos alunos, de suas próprias visões e formulações, bem como das dos colegas e do próprio problema apresentado, o que estimula a discussão e valoriza a socialização no processo de desenvolvimento cognitivo (Canavarro, 1999, p.108).

A retomada desses modelos teóricos é de grande relevância, pois esclarece a proporção na qual estes, e outros, são (e foram) influenciados pelo movimento das "concepções espontâneas" e pelo modelo de ensino por mudança conceitual.

Tecendo a crítica ao ensino por mudança conceitual (e suas derivações) bem como à clara inclinação às teorias construtivistas para o desenvolvimento de estratégias de ensino e a aprendizagem das Ciências, Mortimer (2005) propõe a noção de "Perfil Conceitual", que permitiria compreender,

> [...] a evolução das ideias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição das ideias alternativas por ideias científicas, mas como a evolução de um perfil conceitual, em que as novas ideias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as ideias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através dessa noção é possível situar as ideias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico (Mortimer, 2005, p.58).

Bastos et al. (2004), ao discutir os trabalhos de Mortimer sobre a formação de perfis conceituais, demonstraram, a partir de pesquisa realizada junto a professores de Ciências, que esses perfis podem ser precursores de uma futura mudança conceitual (ou seja, ambos os processos podem ocor-

rer na mente dos indivíduos), reiterando assim a importância de considerar as várias teorias existentes que procuram compreender o processo de ensino e aprendizagem das Ciências, uma vez que uma não precisaria necessariamente excluir a outra.

As representações de corpo humano de alunos do Ensino Fundamental

Diante das reflexões e dos suportes teóricos oferecidos pelas pesquisas em Educação para a Ciência, fica clara a importância que as representações – ou concepções alternativas – dos alunos desempenham no processo de ensino e aprendizagem. Essas representações, tanto em uma perspectiva do construtivismo por mudança conceitual quanto na do construtivismo contextual (El-Hani; Bizzo, 2002), parecem fazer parte do arcabouço cognitivo do aluno, influindo na construção de novas representações (sejam elas as científicas), independentemente de estas últimas substituírem ou não as primeiras. São conhecimentos socializados, muitas vezes tradicionais, que permeiam a visão de mundo e, portanto, as relações que os indivíduos estabelecem não só com o conhecimento formal e com o próprio meio que o rodeia, mas consigo próprios e com os outros enquanto seres viventes; isto ocorre, sobretudo, quando pensamos o corpo humano enquanto conteúdo programático e especificidade do ensino de Ciências (Silva, 2005).

Em entrevistas realizadas junto a 29 jovens estudantes da Rede Municipal de Ensino de Bauru, cidade localizada no interior do Estado de São Paulo, com idade entre 13 e 14 anos[3], constatou-se que as representações de corpo dentre o público pesquisado eram muito semelhantes e incompatíveis com o conhecimento científico (Talamoni, 2007). Dentre essas representações, foi possível atentar para a relação explícita ou implícita que se estabeleceu entre a concepção de corpo e de vida, relação esta que foi reiterada por uma visão cartesiana do corpo que, fazendo do primeiro um instrumento ou suporte necessário ao segundo, deve ser objeto de redobrados cuidados.

3 Essas entrevistas foram parte da coleta de dados de pesquisa. Para maiores informações, vide Talamoni (2007).

Enquanto aparato, "o corpo é mais um objeto" que permitiria ao indivíduo manter sua vida, sua presença no mundo e, principalmente, a realização de tarefas cotidianas. Definindo-se por suas atribuições empiricamente observáveis e constatáveis na vida dos adolescentes, invocou um conhecimento tácito e, portanto, mecânico dos estudantes a respeito de seus próprios corpos, por meio de discursos generalistas. Nas falas, ficaram explícitas as relações entre o corpo humano e suas funções, como: "ele é um sustento pra gente se movimentar, falar, andar... sem ele a gente não seria nada, não ia poder andar, falar..."; "muitas coisas que a gente faz, sem o corpo não poderia fazer... sem minhas pernas eu não andava..."; "é com ele que a gente se movimenta", ou ainda: "o corpo é o espaço que a gente ocupa no mundo. É tipo a massa, o lugar onde se deposita a vida, o pensamento, que no caso seria o cérebro".

Essa visão cartesiana e funcionalista do corpo pareceu reproduzir as representações amplamente divulgadas pela mídia em que o corpo comporta analogias com as máquinas e até mesmo nas representações presentes nos livros didáticos (Bertolli Filho; Talamoni, 2007). A utilização de metáforas também se mostrou recorrente, como nas falas a seguir, que reiteraram a concepção mecânica do corpo: "o corpo é como uma máquina, ele não para... ele serve para manter nossa vida, o nosso dia a dia"; "uma pessoa sem uma perna não é uma pessoa comum, se ela não tiver um aparelho, ela não consegue andar". Enquanto sinônimo de vida, observou-se reflexões do tipo: "ele é a vida, sem ele não dá para viver"; "não tem nada que tenha sido feito senão através do corpo"; "a pessoa vive pelo corpo". Essa "vida" que é o corpo se relacionou não apenas com os aspectos orgânicos e biológicos necessários à manutenção da vida, mas também a uma "encarnação" desta, em um sentido metafísico: "para a minha religião, o corpo é tipo uma provação (...) e é também a forma da minha vida". Tanto as tendências dos jovens entrevistados a recorrer a uma linguagem religiosa no discurso sobre o corpo quanto a tendência a reproduzir discursos já consagrados pelos meios de comunicação são culturais. Isto pôde ser facilmente constatado em tantas outras falas que enfatizaram a necessidade de conhecimentos que facilitam a manutenção e preservação dessa "máquina" em funcionamento, ocasião em que os alunos recorreram a termos como saúde, doença, beleza, hábitos de higiene etc. Esses conhecimentos apontados como necessários, que os alunos esperavam obter sobretudo nas aulas de Ciências, foram

eleitos por meio de critérios subjetivos, em detrimento da especificidade e alcance dos conteúdos científicos previstos e obrigatórios para o Ensino Fundamental. Quanto aos conteúdos científicos, estes foram citados como "muito importantes", porque embasariam uma nova prática ou cuidado dos indivíduos para com seus corpos, constituindo-se em mais uma estratégia de "sensibilização".

Os argumentos utilizados pelo público pesquisado ao referirem-se à importância dos conteúdos científicos acerca do corpo pareceram insuficientes, já que não foi possível estabelecer objetivamente uma correlação entre o conhecimento científico adquirido e a mudança de hábitos e atitudes. Pelo contrário, foi possível entender que o conhecimento aprofundado acerca do corpo e de seu funcionamento "complexo e perfeito" reiteraria uma visão metafísica a partir da qual somos chamados a cuidar e valorizar nossos corpos para preservar a vida. Também não se pode deixar de considerar que se essas falas foram pautadas por julgamentos de valor, as próprias concepções de corpo, vida e ciência se mostraram valorativas, muito mais afinadas com um saber tradicional do que com um saber e científico.

Considerações finais

Observa-se em função dessas representações constatadas a necessidade de delineamento de um novo professor de Ciências, que esteja mais integrado, desde sua formação, com as necessidades e especificidades do processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos científicos, amplamente mapeados e sistematizados pelas pesquisas da área.

Também a essa necessidade, reitera-se a importância de se considerar, no que diz respeito ao corpo humano enquanto conteúdo específico do ensino de Ciências, as particularidades que lhe são inerentes. Ao falar de corpo humano e ao tentar construir algum conhecimento significativo acerca deste, professores e alunos, no processo de ensino e aprendizagem, provavelmente se depararão com sua própria imagem corporal, com valores e sentimentos inerentes a essa relação "íntima" que cada um estabelece com seu próprio corpo. Essas particularidades, se consideradas e investigadas, com suas possíveis influências no processo de ensino das Ciências, poderão nortear o professor em uma prática pedagógica mais adequada e humanizada,

contribuindo assim para a formação e exercício da cidadania, já que conhecer o corpo humano implica em um maior entendimento do próprio corpo, e o autoconhecimento, em um dos maiores requisitos para a formação de qualquer cidadão que se pretenda livre, crítico, engajado e feliz.

Referências bibliográficas

BASTOS, F. et al. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências: revisitando os debates sobre construtivismo. In: BASTOS, F. et al. *Pesquisas em Ensino de Ciências:* contribuições para a formação de professores. São Paulo: Escrituras, pp.9-56, 2004.

BERTOLLI FILHO, C.; TALAMONI, A. C. B. Corpo de (revista) adolescente. *Revista Comunicação Midiática.* 7.ed., pp.115-132, ago/2007.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Lei de Diretrizes e Bases*. Brasília: MEC, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm/. Acesso em: 02 ago. 2009.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: Introdução aos parâmetros curriculares nacionais.* Brasília: MEC/SEF, 1998 a.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais* (quinta a oitava séries). Brasília: MEC/SEF, 1998 b.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais: Temas transversais* (quinta a oitava séries). Brasília: MEC/SEF, 1998 c.

CANAVARRO, J. M. *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto, 1999. (Coleção Nova Era).

EL-HANI, C. N.; BIZZO, N. M. V. Formas de construtivismo: Mudança Conceitual e Construtivismo Contextual. *Ensaio*, v.4, n.1, 2002. Disponível em: http://www.fae.ufmg.br/ensaio/. Acesso em: 06 mar. 2005.

FERREIRA, N. T. *Cidadania*: uma questão para a educação. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *In: Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia.* Serra Negra, São Paulo: Feusp, *Coletânea*, v.3, pp.56- 74, 1994.

POSNER, G. F.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, pp.211-227, 1982.

SILVA, E. P. Q. Quando o corpo é uma (dês) construção cultural. In: AMORIM, A. C. et al., *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa.* Niterói: Eduff, pp.141-150, 2005.

TALAMONI, A. C. B. C*orpo, ciência e educação:* representações do corpo junto a jovens estudantes e seus professores. Dissertação de Mestrado em Educação para a Ciência. Faculdade de Ciências. Unesp, Bauru, 2007.

5
A atividade prática no ensino de Biologia: uma possibilidade de unir motivação, cognição e interação*

Eliane Cerdas Labarce[1]
Ana Maria de Andrade Caldeira[2]
Jehud Bortolozzi[3]

Introdução

O ensino de Ciências deveria se constituir uma prioridade para o sistema educacional, pois é essencial para a edificação de uma população consciente e crítica (Krasilchik, 2004). Por isso, consideramos de extrema importância a realização de pesquisas que focalizem o ensino de conceitos científicos segundo estratégias inovadoras, a fim de trazer subsídios para uma melhor formação dos alunos e para a discussão de questões da prática docente.

Este artigo é parte de uma pesquisa de mestrado e tem por objetivo apresentar a análise de duas atividades práticas que constituíram uma sequência didática elaborada para o tratamento do conceito de Energia, pela disciplina de Biologia, aplicada a alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual da cidade de Jaú, interior de São Paulo. Com esta pesquisa, que teve sua gênese no projeto *A cultura da cana-de-açúcar e seus impactos ambientais, sociais, econômicos e culturais,* implementado nessa escola, pro-

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: licerdas@yahoo.com.br.
2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br.
3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Biologia e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: jehud@fc.unesp.br.
* Apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp).

curamos apontar pistas sobre como o uso de atividades práticas no ensino de Biologia pode contemplar a relação cognição/motivação/interação, imprescindível para uma aprendizagem efetiva e duradoura dos indivíduos.

O projeto supracitado teve início quando um grupo de professores de uma escola pública estadual de Ensino Médio da cidade de Jaú, após um diagnóstico inicial sobre o interesse de aprendizagem dos alunos, percebeu que eles ansiavam por aulas contextualizadas, abordando temas do seu dia a dia, bem como o uso de laboratórios didáticos para o ensino de conceitos científicos. A discussão das necessidades apontadas pelos alunos e outras levantadas pelo conjunto de professores culminaram na implantação de um projeto escolar desenvolvido por professores, pesquisadores da Universidade Estadual Paulista – Unesp, *campus* de Bauru e pela direção da referida escola, e contextualizado na produção de açúcar e álcool, importante atividade econômica presente na região. Posteriormente, esse grupo de profissionais recebeu apoio financeiro da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), o que foi essencial para a reforma do laboratório didático, um importante elemento do projeto no que se refere às disciplinas científicas.

Atividades práticas no ensino de Biologia

Tradicionalmente, a Biologia tem sido ensinada como um conjunto de fatos, descrição de fenômenos, enunciados e conceitos a decorar, sendo característica predominante desse ensino a passividade física e intelectual dos alunos.

Krasilchik (1987) relatou vários problemas associados ao ensino de Ciências, dentre os quais destacamos a falta de trabalhos práticos, cujo objetivo e definição têm sofrido grande variação à medida que diferentes concepções do que é Ciência e diferentes tendências pedagógicas preponderam no discurso dos educadores.

Nesta pesquisa, utilizamos a definição de Perales Palácios (1994, p.122), que considera a atividade prática como "um conjunto de atividades manipulativo-intelectuais com interação professor-aluno-materiais".

As aulas de laboratório têm, para Krasilchik (2004), um lugar insubstituível nas aulas de Biologia, pois desempenham funções únicas: permitem que

os alunos tenham contato direto com os fenômenos, manipulando os materiais e equipamentos e observando os organismos, além de enfrentar resultados não previstos, cuja interpretação desafia sua imaginação e raciocínio. Podem também exercitar habilidades como cooperação, concentração, organização, estabelecimento de relações e, por outro, vivenciar o método científico, entendendo como tal a observação de fenômenos, o registro sistematizado de dados, a formulação e o teste de hipóteses e a inferência de conclusões.

Vários sistemas têm sido elaborados para classificar os exercícios práticos de acordo com os critérios de liberdade concedida aos alunos para sua execução. Geralmente, são reconhecidos quatro graus de liberdade: no *primeiro nível*, os alunos recebem o problema e as instruções para sua execução e os resultados esperados. No *segundo nível*, os alunos recebem o problema e as instruções sobre como proceder. No *terceiro nível*, é proposto apenas o problema, cabendo aos alunos escolherem os procedimentos, coletar dados e interpretar. E no *quarto nível*, os alunos devem identificar um problema que desejam investigar, planejar o experimento, executá-lo e chegar até as interpretações dos resultados (Krasilchik, 2004).

É um dos principais aspectos da proposta construtivista para a educação científica que o aprendiz seja o protagonista da sua aprendizagem, devendo ser um sujeito ativo na construção do conhecimento. Nesse caso, um aluno desinteressado e desmotivado nunca será ativo no processo e, de acordo com essa premissa, não haverá qualquer construção cognitiva. Consequentemente, qualquer metodologia que vise a construção e, portanto, o envolvimento do indivíduo com sua aprendizagem, deve ter em conta a necessidade de vir a motivar o aprendiz para o que vai ser ensinado (Bzuneck, 2001; Laburú, 2006).

Nesse contexto, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências Naturais evidenciam alguns tópicos relevantes e imprescindíveis para uma boa atividade prática. Segundo esse documento, é muito importante que as atividades não se limitem a nomeações e manipulações de vidrarias e reagentes fora do contexto experimental. É fundamental que as atividades práticas garantam um espaço de reflexão, desenvolvimento e construção de ideias, ao lado de conhecimentos de procedimentos e atitudes (Brasil, 1998).

A experimentação, mediante a observação de fenômenos em uma aula de Ciências, pode ser um instrumento na criação de um conflito cognitivo, que, para Carvalho (2004), é uma estratégia segundo a qual o aluno aprende

se suas concepções espontâneas são colocadas em confronto com os fenômenos ou com resultados experimentais.

À medida que nos encontramos na era da informação, faz-se cada vez mais necessário atualizar-se com rapidez. O mesmo não ocorre com as habilidades, em particular com as habilidades do pensamento, que permitem a aquisição de novos conhecimentos, assim como raciocinar com e sobre estes, independente do tempo e do lugar. É por isso que se expressa cada vez mais a necessidade que o aluno tem de "aprender a aprender" e "aprender a pensar", de forma que tenha à sua disposição os instrumentos necessários para construir a si mesmo como pessoa e para aprender ao longo da vida (Bransford, Bown e Cooking, 2000).

Segundo Vigotsky (1996), o desenvolvimento da capacidade de pensar é em grande medida um desenvolvimento "de fora para dentro", e a interação social é um requisito fundamental para tal desenvolvimento, de forma que as funções cognitivas de nível superior se iniciam por uma fase social e posteriormente se internalizam.

Assim, em lugar de continuar a decorar conteúdos, o aluno passa a exercitar habilidades, e por meio delas, a construir novos conteúdos. As principais habilidades epistêmicas que podem ser estimuladas e desenvolvidas no ensino de Ciências Naturais foram selecionadas por Caldeira (2005): observar; descrever; identificar; comparar; coletar dados; experimentar; somar ideias; elaborar tabelas, gráficos e esquemas; sistematizar por meio de textos, maquetes, relatórios; interpretar dados; relacionar; e organizar ideias.

Ao nos apoiarmos na necessidade de desenvolver habilidades cognitivas nos nossos alunos, não estamos subestimando a importância da aprendizagem de conceitos científicos, ao contrário, é no reconhecimento dessa importância que se torna imprescindível o desenvolvimento de habilidades do pensar, ou seja, as habilidades são essenciais à medida que ampliam a capacidade dos alunos de construir novos conceitos científicos.

Metodologia

O presente trabalho baseou-se em uma abordagem qualitativa. A coleta de dados foi realizada no ambiente natural, a sala de aula de 21 alunos de um 1º ano de Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Jaú onde a

pesquisadora ministrou aulas de Biologia. O foco do estudo foi o desenvolvimento de uma sequência didática, baseada em atividades práticas, buscando, a partir delas, a motivação dos alunos e a mobilização de habilidades cognitivas para o desenvolvimento conceitual do tema Energia.

A coleta de dados foi realizada durante as aulas, acompanhando e analisando atentamente todas as atividades desenvolvidas pelos alunos. Para descrever os fatos, foi utilizada, principalmente, a transcrição dos diálogos dos participantes durante as aulas.

Resultados

Devido à limitação de espaço, apresentamos duas das doze atividades realizadas e sua análise.

A primeira atividade, que consideramos de *segundo nível* (Krasilchik, 2004), teve por objetivo problematizar os alunos para que eles investigassem e repensassem seus conhecimentos sobre o metabolismo dos diferentes seres vivos e sua importante relação na natureza. Ela foi elaborada a partir do levantamento das concepções prévias dos estudantes, que revelaram não compreender corretamente os processos de fotossíntese e respiração, considerando-os fenômenos inversos e sem relação de complementaridade (Labarce, 2009).

Iniciamos a atividades com o seguinte questionamento: *Imagine que um animal seja colocado dentro de um vidro todo fechado. O que ocorrerá com ele?*

Como era esperado, os alunos responderam que o animal "morreria de falta de ar", ou "sufocado". Pedimos que os alunos elaborassem uma resposta mais específica, perguntando: *Por que o animal morreria sufocado*? A resposta foi geral: o animal "pegaria todo o oxigênio do ar e só ia sobrar gás carbônico no frasco". Então foi lançada a questão: *O que deverá acontecer se o mesmo for feito com um vegetal?* Os alunos foram instigados a levantar suas hipóteses sobre o comportamento do vegetal, e as hipóteses levantadas estão apresentadas e agrupadas na Figura 1.

O conhecimento depende da elaboração de hipóteses, cuja sustentação depende do grau de verificação que podemos alcançar. Assim, para Caldeira (2005), o papel essencial do ensino de Ciências está na construção do raciocínio lógico, sustentado por diversas formas sensoriais, linguísticas, matemáticas etc.

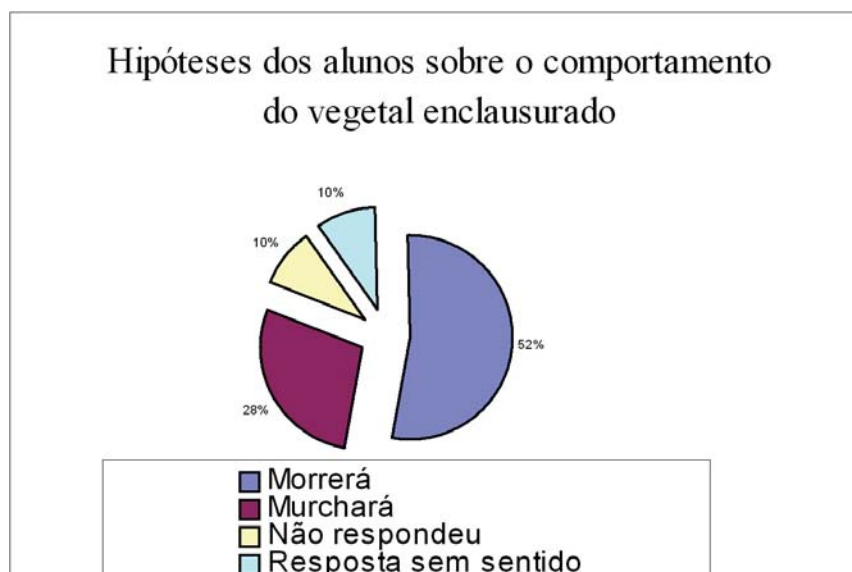



Figura 1: Agrupamento das hipóteses levantadas pelos alunos com relação ao comportamento do vegetal enclausurado.

Uma análise dessas hipóteses levantadas pelos alunos indica, mais uma vez, que eles não entendem os processos de fotossíntese e respiração como complementares e que acreditam que apenas a fotossíntese é realizada pelos vegetais. Essa atividade requer que os estudantes mobilizem seus conhecimentos sobre os dois processos, de síntese e degradação da glicose, para fazerem suas previsões e interpretarem as observações.

Assim, com uma garrafa de plástico descartável e um pequeno vaso de folhagem, construímos uma prática para observação: a garrafa foi cortada de maneira que o vaso ficasse encaixado em sua borda, e o vegetal, dentro da garrafa. As fronteiras entre os objetos, assim como a tampa da garrafa, foram vedadas com fita isolante e "durepoxi", para evitar a entrada de ar. A garrafa foi deixada na presença da luz e observada por duas semanas seguidas, tempo em que os alunos puderam testar suas hipóteses pela observação.

Após uma semana, o vegetal deixado no laboratório estava em condições morfológicas normais, o que provocou um conflito cognitivo nos alunos quanto às hipóteses que haviam levantado. No entanto, eles insistiram nestas, procurando fatores que pudessem explicar o comportamento da planta e validar suas hipóteses, como mostram algumas afirmações dos alunos:

A: Ah... Professora, a planta não é a mesma, é?
A: A planta não morreu porque está entrando ar por algum lugar.
A: Tá sim, senão ela já teria morrido, pelo menos murchado.

Após duas semanas, os alunos ainda mantinham suas hipóteses iniciais, manifestando dúvidas quanto à validade do experimento e à nossa conduta, como é descrito a seguir:

A: Ih, professora, tem algo errado aí.
A: E pela terra, não entra ar?
A: Pelos furinhos no fundo do vaso.
P: Ok. Vamos fechar os furinhos também...

Frente aos resultados até então coletados, sentimos necessidade de trabalhar os conceitos mais específicos de maneira expositiva e dialogada. Esperávamos que a partir desse procedimento os alunos pudessem estabelecer relações entre os processos de síntese e degradação da glicose e chegassem, assim, a uma resposta mais próxima à científica para explicar os resultados da atividade.

Preparamos uma apresentação em *Power-Point* intitulada: "O caminho da energia no mundo vivo". Após cada fenômeno apresentado, os alunos deveriam fazer suas anotações, guiados por questões seguindo o modelo: *"O que aprendi sobre as reações que consomem energia?", "O que aprendi sobre a fotossíntese?"*, e assim por diante. Essa etapa foi importante, pois muitas dúvidas surgiram no momento em que foram sistematizar seus conhecimentos. Dessa forma, a estratégia propiciou um *feedback* para o professor sobre o que os alunos estavam aprendendo assim como suas dificuldades, além de fortalecer o estabelecimento das relações afetivo-relacionais entre o professor e o aluno, importantes no processo de construção de conhecimento.

Durante a apresentação do conteúdo, alguns pontos emergiram, como, por exemplo, a importância de se tratar dos assuntos relacionados aos fenômenos naturais de maneira holística, ou seja, a explicação dos processos em todos os níveis de vida sendo explicados de maneira conjunta.

A: Nossa, professora, a gente sempre aprendeu isso, e eu nunca tinha imaginado que uma coisa fazia parte da outra, que tinha relação...
A: A, a respiração, por exemplo, eu imaginava que era uma coisa, e a respiração celular, outra... Assim, eu percebi como a gente é perfeito... O sistema circulatório, respiratório e o digestivo são tudo uma coisa só. Se faltar um, o outro não funciona.
A: As trocas de gases e a produção e consumo de alimento também, né, dona? Se faltar um ser vivo, o outro é prejudicado.

P: Essa relação que vocês fizeram é muito importante. É por isso que a gente tem que saber dessas coisas todas... não pelos nomes difíceis, mas pra gente ter noção de como tudo se relaciona e como temos que preservar esses processos... e seres vivos.

Nesse excerto, percebemos que os alunos estavam construindo os conhecimentos sobre metabolismo energético, e as observações feitas por eles ajudam o professor a ter noção das dificuldades e/ou das habilidades que estão sendo construídas durante a aula. Além disso, nossa resposta, estimulando a relação estabelecida pelos alunos, pode representar um importante fator de motivação para a aprendizagem.

Ao final da apresentação, fizemos a seguinte indagação: *Por que a nossa planta não morreu?*

Consideramos que, para os alunos chegarem a uma resposta próxima à científica, seria necessária a mobilização dos conceitos até então construídos por eles durante as aulas e, portanto, a formulação de uma resposta correta representaria um indicativo de que os alunos compreenderam os conceitos de maneira satisfatória, ou seja, mais próxima da visão científica do que das ideias que apresentavam no início da nossa intervenção.

Os alunos demonstraram dificuldade para formular as respostas que pretendiam, mas a nossa insistência permitiu que chegassem à resposta que esperávamos. Concluíram que o vegetal não morreu porque realiza tanto a fotossíntese como a respiração celular para sintetizar e degradar, respectivamente, a molécula de glicose e, assim, utilizar a energia do sol para a produção de matéria orgânica. Nesse processo, a troca de gases, consequência dos dois processos, permite que o ar dentro da garrafa descartável se renove constantemente e que o suprimento, tanto de gás carbônico como de oxigênio, se mantenha.

Em seguida, foi proposta uma segunda atividade prática no laboratório didático, também de *segundo nível* (Krasilchik, 2004), cujo objetivo era identificar ao microscópio óptico uma organela citoplasmática: o cloroplasto; representar uma célula por meio de desenho; oportunizar o contato e observação em um microscópio, como uma alternativa de observação construída pela ciência e essencial para o seu desenvolvimento.

Consideramos que a observação do real permite relacioná-lo às representações que são frequentes nos manuais didáticos. Esse contraste entre as

formas de ver e de representar é o que permite a evolução de muitos modelos pelo aluno, como é o caso do modelo de célula (Sanmartí, 2002).

Uma parcela significativa das informações em Biologia é obtida por meio da observação direta dos organismos ou fenômenos ou, ainda, de figuras, modelos e esquemas. Sem dúvida, é muito mais interessante e eficiente ver a realidade do que ouvir falar dela.

Seguindo nossas orientações, os alunos retiraram delicadamente uma folha de *Elódea sp* e colocaram-na em uma lâmina com uma gota de água. Em seguida, cobriram a folha com a lamínula e observaram, em objetivas de aumento de 10x, 40x e 100x. Desenharam o observado, identificando as partes da célula que eram visíveis em cada aumento.

Essa lâmina foi "montada" individualmente, por cada aluno, o que permitiu a manipulação dos materiais por todos eles. Os alunos nunca haviam tido contato com o microscópio e mostraram bastante empolgação com a atividade.

Em um dado momento da aula, o aluno 22, ao montar sua lâmina, fez um pequeno corte no dedo com a lamínula. Contornamos a situação, impedindo o alvoroço dos alunos, ao utilizarmos a gota de sangue para fazer um esfregaço na lâmina, que foi observada pelos alunos, e novas questões foram discutidas, tais como as diferenças morfológicas observadas entre as células animais e vegetais, a importância da parede celular, a presença dos pigmentos, a forma das células, entre outras características. As alunas 02 e 08 se recusaram a fazer a observação das células sanguíneas por sentirem "má impressão" ao verem sangue. Diante da recusa insistente das alunas, achamos melhor respeitar a sua posição, pois o conhecimento não deve ser uma imposição do professor para com o aluno, que deve se sentir à vontade durante todo o processo de aprendizagem.

Essa situação nos remete à grande quantidade de interações que ocorrem durante uma aula. Diante delas, o professor precisa ser capaz de tomar decisões que não prejudiquem a aprendizagem nem desmotivem o indivíduo com relação a ela.

Contornada a situação, os alunos fizeram os desenhos relativos aos três aumentos solicitados e a olho nu (nesse caso, desenharam o esfregaço de sangue e a folha inteira), sendo que muitos aspectos relativos à estrutura celular foram destacados e lembrados nesse momento. Embora o objetivo

inicial fosse identificar os cloroplastos, outras estruturas puderam ser observadas, de maneira que muitos alunos representaram não somente os cloroplastos, mas também os vasos condutores, a parede celular, o citoplasma.

Krasilchik (2004) ressalta que relacionar a representação simbólica esquemática à realidade leva tempo e treinamento. Quando se pede aos alunos pela primeira vez que desenhem uma célula tal como a veem em uma lâmina, os resultados são variados e inesperados, como mostra a Tabela 1, e diferem da representação convencional. À medida que vão se familiarizando durante as aulas com os símbolos adotados, passam a usar a mesma convenção apresentada nestas e nos livros (Krasilchik, 2004).

Tabela 1: Análise dos desenhos realizados pelos alunos em aula de microscopia.

Critério	Aluno
Interpreta o desenho identificando o nome das partes das células corretamente.	01, 02, 04, 05, 11, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 32, 33, 35, 37.
Os desenhos são proporcionais ao tamanho real e aos aumentos.	01, 02, 11, 14, 18, 33, 37.
Desenha só o que é importante em relação ao conteúdo tratado.	03, 04, 07, 20, 32, 33, 35.
O desenho é completo.	01, 02, 05, 11, 14, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 37.
Não identificou corretamente as estruturas da célula.	03 e 07.
Pintou a célula toda de verde, e não só os cloroplastos.	01, 02, 11, 26, 27.

Essa análise nos permite dizer que os alunos realizaram plenamente a atividade e, portanto, nos referimos novamente à motivação dos alunos como sendo um fator decisivo para a sua participação ativa na construção de conceitos científicos. Aulas práticas, se bem trabalhadas, têm esse potencial no ensino de Biologia.

Concordamos com Sanmartí (2002) de que as ideias preexistentes no cognitivo do indivíduo condicionam a percepção sensorial. À medida que o aluno cria uma representação, atualiza elementos contidos em sua memória, isto é, corporifica a percepção da imagem da célula observada e inclui nela o modelo teórico que possui. Sem esse modelo, os alunos não veriam células e cloroplastos, mas um conjunto de formas geométricas cujas estruturas não seriam reconhecidas.

Assim, os alunos 07, 19 e 22 se assustaram ao ver "linhas escuras" (vasos condutores) por entre as células, pois acreditavam serem estas, "bichinhos" (microorganismos) presentes na folha. Além disso, a maioria dos alunos indagou a professora sobre o porquê de não estarem enxergando as organelas citoplasmáticas.

Situações como essas, se bem aproveitadas pelo professor, podem possibilitar a compreensão da relação existente entre a Ciência e a Tecnologia, já que a observação de organelas dessa grandeza depende de tecnologias ópticas muito mais avançadas do que as que tínhamos na escola.

A aluna 33 observou que imaginava que a célula vegetal fosse totalmente verde, mas ao vê-la ao microscópio, percebeu que os cloroplastos eram as estruturas verdes e que as folhas também o são devido à grande quantidade de cloroplastos que estas apresentam. Podemos notar na Tabela 2, que outros três alunos tinham essa mesma ideia, no entanto, não mostraram, por meio do desenho, terem reparado nesse aspecto.

A partir dessa observação, propomos a seguinte questão: *Por que as folhas são o local em que o vegetal realiza a fotossíntese mais intensamente?* Pretendíamos, com essa questão, discutir alguns aspectos morfológicos das folhas e não permitir a crença, que, segundo Kawasaki e Bizzo (1999), é generalizada, de que apenas as folhas realizam fotossíntese, fruto do ensino compartimentado dos vegetais que os dividem em partes, cada qual com uma função específica.

Em conjunto, podemos dizer que as atividades aqui apresentadas possibilitaram o desenvolvimento das seguintes habilidades pelos alunos, que:

- elaboraram hipóteses sobre o comportamento dos vegetais frente ao enclausuramento;
- organizaram as ideias apresentadas sobre os processos de fotossíntese, respiração, fermentação e metabolismo energético;
- sistematizaram essas informações por meio de resumos;
- relacionaram os fenômenos de fotossíntese e respiração na compreensão do fenômeno observado (enclausuramento do vegetal);
- somaram as ideias de maneira que demonstraram compreender que os processos de fotossíntese e respiração são processos complementares, sendo ambos realizados por vegetais;
- observaram ao microscópio óptico a célula vegetal;
- identificaram suas estruturas (cloroplastos, parede celular, citoplasma);
- elaboraram representação em desenho de cada aumento;
- compararam células animais e vegetais;
- relacionaram presença de cloroplastos com as características morfológicas das folhas.

Considerações finais

A postura construtivista, disseminada nos últimos trinta anos, tem como marco central a participação do aluno no processo de construção do conhecimento e o professor como seu mediador ou facilitador, valorizando a participação ativa do estudante na resolução de situações problemáticas, possibilitando-lhe predizer respostas, testar hipóteses, argumentar e discutir com os pares, podendo atingir a compreensão de um conteúdo. Fica evidente a necessidade de se investir na proposição de metodologias e estratégias capazes de proporcionar o desenvolvimento cognitivo do aluno. Atividades práticas, elaboradas como situações problemáticas, podem promover a atividade mental do aluno, necessária para a construção de um conceito.

As atividades elaboradas tiveram como suporte teórico essa perspectiva, em que o professor assume o papel de mediar, mas também de possibilitar o acesso dos alunos a diferentes experiências, com diferentes níveis de complexidade, permitido que diversas habilidades e linguagens sejam incorporadas por eles, facilitando assim a construção e ressignificação dos conceitos científicos.

No início das atividades, verificamos que os alunos apresentaram uma dificuldade muito grande em expressar suas ideias, suas concepções sobre os temas trabalhados, falavam com dificuldades e expressavam opiniões com insegurança, situação que evidenciou tanto os conhecimentos prévios dos alunos com relação ao conteúdo como também a ausência de habilidades importantes que permitem aos indivíduos aprenderem melhor.

Inicialmente, os alunos deixaram bem claro que as novas atividades realizadas "davam muito trabalho", pois "precisavam pensar muito", mas após certo período de tempo, assumiram que o fato de o professor os "obrigar" a pensar, ajudava na compreensão das atividades e dos conceitos científicos.

Assim, o desenvolvimento de habilidades cognitivas pareceu ter consequências quanto ao comportamento desses alunos. Isso permite-nos concluir, ainda, que a nossa intervenção favoreceu a mudança para atitudes mais positivas dos alunos com relação à aprendizagem da Biologia.

O laboratório didático teve principal relevância nesta pesquisa, tanto na motivação dos alunos, ao permitir a saída da rotina da sala de aula, como na possibilidade do desenvolvimento de atividades práticas, que se mostraram

positivas para a promoção de estratégias investigativas, nos quais os alunos desenvolveram diferentes habilidades, entre elas a observação, o levantamento de hipóteses, a análise de dados, as generalizações e a organização de ideias.

É interessante destacarmos que diferentes atividades com diferentes objetivos podem ser importantes para o desenvolvimento de habilidades diversas, daí a importância de se propor diferentes estratégias e em diferentes momentos do processo de ensino. Portanto, ao ressaltarmos a utilização das atividades práticas não estamos descartando outras metodologias didáticas; ao contrário, as atividades práticas devem ser complementares a outras estratégias de ensino e aprendizagem, e não substituí-las.

O interesse dos alunos antes e após a realização da sequência didática foi observado durante as atividades avaliativas, mas também pela frequência às aulas e nas relações que se estabeleceram entre nós e os alunos no levantamento de questões por parte dos alunos, na expressão de suas dúvidas, na entrega das atividades propostas, na atenção às aulas e no cuidado com os materiais do laboratório, pelos quais os alunos mostraram preferência para a realização das aulas.

Além disso, não podemos deixar de mencionar o desenvolvimento conceitual dos alunos, que, embora seja muito difícil de ser mensurado por meio dos resultados das atividades e das explicações elaboradas pelos estudantes, pode ser observado em termos qualitativos, bem como a aquisição de novas linguagens e representações.

Ressaltamos o papel que o laboratório didático teve nesse processo, atuando não somente como motivador da aprendizagem, mas principalmente como facilitador, deixando claro que a função do laboratório não está em sua simples presença na escola, mas no uso que se pode fazer dele. A começar pela organização do espaço físico, com os alunos dispostos na forma de círculo, presença de bancadas e cadeiras móveis, bastante divergentes da sala de aula tradicional (o professor na frente da sala, em situação de destaque).

Nesse sentido, concordamos com nosso referencial, que a aprendizagem depende da motivação e da cognição, mas acrescentamos um outro fator que julgamos essencial à aprendizagem: a interação professor/aluno. Esses três fatores juntos parecem ser essenciais e dependentes um dos outros, formando uma tríade, como esquematizamos a seguir.

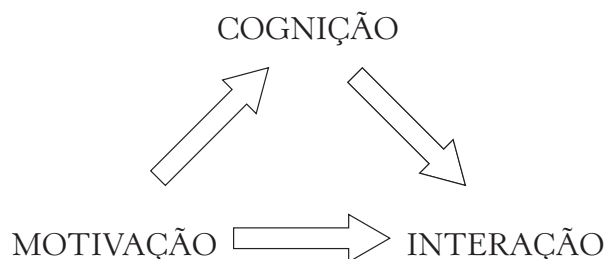



Figura 2: Três fatores essenciais à aprendizagem das Ciências.

O professor, para estimular a aprendizagem, precisa ter em mente quais habilidades cognitivas ele deseja promover em seus alunos, buscando, para isso, atividades que o motivem nesse processo, assim como o grau de dificuldade que eles demandam para se desenvolver conceitualmente e cognitivamente. Esses aspectos só são sinalizados por meio da interação do aluno com o professor, que tem a função de mediar e colaborar com seu desenvolvimento intelectual. Ele ainda deve valorizar seu aluno, permitindo que este avance em sua jornada do aprender, construa e reconstrua, elabore e reelabore seu conhecimento de acordo com sua habilidade e seu ritmo.

Essa interação é importante, pois gera um vínculo professor-aluno, contribuindo de maneira positiva para a construção do conhecimento. O professor deve estimular o interesse do aluno para o processo de aprendizagem, por intermédio de um processo pedagógico de interação. Essa interação pode ser alcançada quando se conquista a cumplicidade em sala de aula, onde professor e aluno correspondem de forma construtiva para o processo de troca, aprendizagem e respeito.

Mizukami (1986) afirma que o professor atua investigando, pesquisando, orientando e criando ambientes que favoreçam a troca e a cooperação, cria desequilíbrios e desafios e, em sua convivência com alunos, ele deve "observar e analisar o comportamento deles e tratá-los de acordo com suas características peculiares dentro de sua fase de evolução" (p.78).

Para que os professores possam atuar de maneira a otimizar o laboratório didático para o ensino e a aprendizagem de conceitos, linguagens e habilidades, se faz necessária uma formação mais adequada, voltada a essas questões. Essa lacuna na formação do professor demanda estudo, dedicação e a busca de conhecimentos em fontes confiáveis, o que, para ele, representa um obstáculo, devido à carga horária a que, geralmente, se submete.

Consequentemente, os professores apresentam dificuldades em relação à preparação dessas aulas, que demandam mais do que sua idealização, a preparação de materiais, a limpeza e a manutenção dos equipamentos.

Assim, em sua busca por melhores condições para os trabalhos práticos, o professor deve ultrapassar várias situações problema, que vão desde a organização física de um laboratório, a compra de material necessário às atividades, até a luta por conquistas políticas, que lhe permitam trabalhar melhor. Uma possibilidade que poderia amenizar as dificuldades dos professores em exercício da rede de ensino seria a admissão de um monitor ou um profissional capacitado que os auxiliasse.

Por outro lado, mesmo admitindo que os fatores mencionados possam ser limitantes, consideramos que nenhum deles justifica a ausência de trabalho prático em aulas de Biologia. Um pequeno número de atividades, interessantes e desafiadoras já seria suficiente para suprir as necessidades básicas desse componente essencial à formação dos jovens.

Referências bibliográficas

BRANSFORD, J. D.; BOWN. A. L.; COOKING, R. R (Eds.). *How people learn: brain, mind, experience, and school*. Washington, D. C.: National Academy Press, 2000

BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais*. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BZUNECK, J. A. A motivação dos alunos: Aspectos Introdutórios. In: BORUCHOVITCH,E. & BZUNECK, J. A. (Orgs.). *A motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

CALDEIRA, A. M. A. Análise Semiótica do Processo de Ensino e Aprendizagem. *Tese* (Livre-docência). Bauru: Unesp, 2005.

CARVALHO, A. M. P. de. *Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências. Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*. Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2004.

KAWASAKI, C. S.; BIZZO, N. M. V. Ideias de nutrição vegetal: o velho dilema entre o papel nutricional das raízes e da fotossíntese. *Projeto – Revista de Educação*, ano 1, n.1, pp.2-9, 1999.

KRASILCHIK, M. *O professor e o Currículo das Ciências*. EPU/Edusp, 1987.

________. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

LABARCE, E. C. O Ensino de Biologia e o Desenvolvimento de Habilidades Cognitivas por meio de Atividades Práticas e Contextualizadas. *Dissertação* (Mestrado). Bauru: Unesp, 2009.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física,* v.23, n.3, pp.382-404, dez. 2006.

MIZUKAMI, M. G. N. *Ensino: As abordagens do Processo*. São Paulo: EPU, 1986.

PERALES PALACIOS, F. J. Los trabajos Practicos y La didactica de Lãs Ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n.1, 1994.

SANMARTÍ, N. *La didáctica de las ciencias en la educacioón secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis, 2002.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.* 5.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

6
Experimentos de pensamento e o ensino de Ciências

Aguinaldo Robinson de Souza[1]
Neide Maria Michellan Kiouranis[2]
Ourides Santin Filho[3]

Experiências e experimentos: algumas considerações

Inicialmente, abordamos algumas características relacionadas às experiências para identificar elementos incorporados ao debate, ainda hoje difundido, sobre verdade científica, que se reflete no cientificismo que se tornou típico de nossa cultura ocidental. Nosso intuito é retomar alguns aspectos que identificam os tipos de experiências e que os diferenciam dos experimentos.

Apesar de o apelo à experiência[4] ter sua origem nos primeiros sofistas e sempre atrelada à necessidade de exploração dos sentidos, em fins do século XVI e no início do século XVII, a noção de "experiência" ganha autoridade antes inimaginável e faz da dimensão empírica uma característica distintiva

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Química e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: arobinso@fc.unesp.br.

2 UEM – Universidade Estadual de Maringá – Paraná. Departamento de Química. E-mail: nmmkiouranis@uem.br.

3 UEM – Universidade Estadual de Maringá – Paraná. Departamento de Química. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática. E-mail: osantin@uem.br.

4 Dicionário de Filosofia, Mora (2001, p.263) "O termo experiência é empregado em vários sentidos e suas concepções são bastante numerosas: (a) a experiência como confirmação ou possibilidade de confirmação empírica (e com frequência sensível) de dados, (b) a experiência como fato de viver algo dado anteriormente a toda reflexão ou predicação, (c) experiência usada como conceito fundamental metafísico ou como conceito prévio a todos os outros, (d) a experiência em Aristóteles fica melhor integrada no seio da estrutura do conhecimento. É a apreensão do singular e sem esta apreensão não haveria possibilidade de ciência [...]".

da ciência moderna. Diversas críticas a essa ideia surgiram nesse período, e uma das mais célebres, conforme Oliveira (2002), foi a de Koyré, para quem a matematização era a principal característica.

As considerações de Koyré, de acordo com Oliveira (2002), são válidas para alguns campos do conhecimento científico, enquanto que para outros campos da ciência moderna, a dimensão experimental foi e continua sendo fundamental. Nesse sentido, afirma o autor, a Química, a Anatomia, a História Natural e outras ciências não poderiam ser desenvolvidas sem a presença da experiência.

Um primeiro tipo de experiência que podemos considerar, pautado na tradição da Antiguidade e da Idade Moderna, explica Oliveira (2002), refere-se às experiências que exemplificam e ilustram as teorias. Tais experiências não se configuravam como argumentos legítimos das proposições científicas ou leis universais. Por se tratarem de experiências comuns, seus dados eram obtidos do cotidiano, sem o uso de instrumentalização. Assim, seus resultados permitiam "[...] fundamentar uma argumentação ou exemplificar uma teoria, sem uma experimentação ou mesmo uma nova observação" (Oliveira, 2002, p.155).

Ainda no escopo da ciência moderna, identifica-se um segundo tipo de experiência. As observações e as experiências não se efetuam no plano do cotidiano e das coisas visíveis, e sim pela via dos experimentos de pensamento, que visam encontrar respostas para determinadas dúvidas colocadas pela teoria. "São frutos de uma interrogação metódica que pressupõe uma linguagem especial em que se formulam perguntas e se interpretam as respostas" (Oliveira, 2002, p.155). Para o autor, temos, no primeiro tipo, possibilidades de reconstruções mentais, enquanto que, no segundo, os experimentos de pensamento referem-se a situações idealizadas, que dispensam a utilização de instrumentos, porém não dispensam sua idealização.

O terceiro tipo de experiência, o exploratório, também se diferencia do primeiro em relação ao cotidiano. Caracteriza-se por experimentações metódicas e concretas, e não apenas imaginadas. Não se trata, nesse caso, de verificar ou demonstrar teorias já existentes, mas de buscar outras observações de comportamento da natureza em condições não identificadas anteriormente, ou até mesmo em condições inexistentes.

Oliveira (2002, p.157) entende que, diferentemente do primeiro tipo, o segundo e o terceiro não são simples *experiências*, mas *experimentos*. "Tan-

to os experimentos de pensamento como os exploratórios concebem como revelador aquilo que está fora da percepção ordinária e produzem os fenômenos e objetos que desejam observar".

Uma busca detalhada na literatura vai evidenciar um vasto conjunto de situações em que um experimento é operado apenas na mente e conduz a resultados interessantes e importantes, capazes de derrubar teorias, reforçar ou expor as sutilezas e características de outras teorias, de elucidar divergências entre teorias rivais, simular fenômenos naturais, imaginar fenômenos, descobrir eventos e mais uma série de possibilidades. Frente à questão apontada, cabe abordar alguns exemplos que elucidam as vantagens de lançar novos olhares para os experimentos de pensamento. No interior dessa discussão, e considerando as questões sobre a pertinência de tais experimentos, achamos adequado, neste momento, trazer alguns pressupostos acerca dos experimentos conduzidos pelo pensamento. Antes, uma breve digressão sobre a nomenclatura que será adotada ao longo deste trabalho.

Experimentos de pensamento: origem e uso do termo

Em 1897, o físico Ernst Mach adota o termo *gedankenexperiment* (consolidado como *thought experiment* na língua inglesa) para nomear uma conduta de investigação científica análoga aos procedimentos que deveriam ser utilizados pelos seus estudantes buscando a realização de um experimento físico. Embora Mach tenha popularizado o termo, foi Hans Christian Oersterd[5], por volta de 1812, o primeiro a utilizar o termo em latim-alemão, (*Gedankenexperiment*) e por volta de 1820, o termo é totalmente apresentado na língua alemã (*Gedankenversuch*). No século seguinte à sua descrição como método específico de questionamento, *Gedankenexperiment* aparecia esporadicamente na literatura de língua inglesa em estudos sobre a Filosofia da Ciência. Em 1897, o físico Ernst Mach apresenta um estudo sobre o uso das experiências imaginárias, especialmente na Teoria Quântica.

5 Muitos creditam a Einstein os primeiros usos do termo Gendankenexperiment, porém, embora leitor de Mach, Einstein não deve ter usado tal termo em seus escritos, até porque, do momento em que foi cunhado até sua divulgação nos meios científicos, levou mais de três décadas (Glender, 2003).

Existe, então, uma classe de experimentos que são nominados, na literatura, *experimento pensado, experimento mental,* ou ainda, *experimento de pensamento*. Trata-se, no entanto, de experimento, que é, pelo menos em parte, conduzido na mente humana, às vezes por comodidade, ou por fazer parte de um debate de ideias, ou simplesmente por uma impossibilidade de ser executado. Estamos optando neste trabalho pela adoção da expressão "experimento(s) de pensamento" ou EP.

Galileu foi um incomparável defensor das práticas experimentais de pensamento. Essa modalidade de exploração do pensamento foi intensivamente utilizada pela comunidade científica com o intuito de explicar seus pontos de vista sobre suas descobertas revolucionárias e/ou paradoxais. Nessa perspectiva, Einstein (1935) defendia fortemente a livre criação da mente, manifesta por meio de curiosidades, especulações e motivações individuais, de importância fundamental na formulação de leis e princípios que explicam a natureza.

Não é difícil perceber que a prática de se imaginar e executar um experimento permite inferir algumas conclusões científicamente válidas para o contexto em que aquele foi elaborado. De qualquer modo, a ideia de experimentos conduzidos apenas na mente deve ter parecido simpática na época pré-galileana, quando se entendia que a razão era suficiente para compreender que a natureza se submetia ao modelo aristotélico de mundo.

Do ponto de vista metodológico e epistemológico, todo experimento é um experimento "pensado", pela simples razão de que o cientista precisa planejar sua atividade, o que já exige uma intensa elaboração mental, de natureza antecipatória. É preciso pensar na metodologia, no tempo disponível, na minimização dos erros, nos instrumentos necessários para a coleta de dados e na sua montagem e operação, na forma como serão coletados, na sua interpretação e na teoria que vai dar suporte a essa interpretação.

Experimentos de pensamento e o conhecimento científico

Experiências de pensamento afloraram, principalmente, na Filosofia e na Física, mas também em outros campos do conhecimento, podendo ser encontradas na Matemática e na Biologia. Contudo, tais construtos parecem

ser bem escassos em outros contextos de conhecimento. As contribuições de Mach, Popper e Kuhn podem ser destacadas, em particular, na Filosofia da Ciência, notadamente nos trabalhos de Mach que encorajaram a utilização de EP no ensino. Os experimentos de pensamento são frequentemente usados por filósofos, especialmente na ética e na Filosofia, onde procuram entender como esses experimentos podem ser usados para resultados mais satisfatórios. Essas experiências são epistemicamente interessantes, já que podemos iniciar de uma posição de "ignorância" e adquirir novo conhecimento (Cooper, 2005). Essa autora discute a temática em dois campos do conhecimento: aqueles que restringem sua atenção aos EP em Ciências e aqueles que os consideram em Ciências e Filosofia caminhando juntas.

Thomas Kuhn (1977) inclui em seus estudos a função de experiências dessa natureza. O autor defende que os EP são importantes para a História da Ciência, pois permitem que as anomalias chamem a atenção dos cientistas, fazendo-os refletir sobre os paradigmas inadequados e assim, com a ajuda da ciência normal, entrar em fase revolucionária (Kuhn, 1994). Contudo, foi somente depois de 1980, afirma Georgiou (2005), que o reconhecimento dos EP ultrapassou o campo da Filosofia e da Física e se estendeu para outras áreas do conhecimento. Embora tenham permanecido por um longo período em campos específicos do conhecimento, nas três últimas décadas denota-se uma explosão de interesse sobre experimentação pensada atingindo várias disciplinas, inspiradas na publicação de diversos livros e artigos, alguns deles destinados à educação. Cabe lembrar, no entanto, que diferentemente dos experimentos físicos, aos EP não se aplicava uma metodologia prescritiva, capaz de sistematizar, nas disciplinas, o trabalho experimental pensado (Mach, 1905, 1926; Kuhn, 1977; Gendler, 2003; Georgiou, 2005).

O que são, afinal, esses construtos e para que eles servem? Brown (1991a) admite a dificuldade em se definir os EP e argumenta que se o conseguíssemos, seria como estar no fim de uma longa investigação. De acordo com esse autor, são experiências realizadas no laboratório da mente, portanto, envolvem manipulações de pensamento, sendo frequentemente impossíveis de serem desenvolvidas como experimentos físicos.

Helm, Gilbert e Watts (1985), em seus estudos sobre experimentos de pensamento, lembram que estes representam somente um exemplo de uma ampla classe de atos da imaginação, ingredientes essenciais nas elaborações em Física. Ainda Helm, Gilbert e Watts (1985), na perspectiva da ques-

tão que estamos tratando, nos alertam sobre o problema de se distinguir experimento de pensamento de algum outro tipo de atividade que tenha apenas a intenção similar à de um EP, como, por exemplo, alguma questão do tipo: *suponha que...; imagine que...* A possibilidade de significados que derivam dessa intenção é discutida por Snooks (2006) ao considerar o uso de processos fictícios na Termodinâmica que permitem calcular a entalpia de separação do soluto, entalpia de separação do solvente e finalmente a entalpia da solução. O que parece estar associado a esse tipo de procedimento é simplesmente um processo hipotético, e não qualquer "experimento" de alguma natureza.

Cooper (2005) adaptou a definição de Gendler (2003), afirmando que conduzir um experimento de pensamento é fazer um julgamento sobre o que seria um caso particular descrito em um cenário imaginado. Reiner (1998) discute acerca dos EP e aprendizagem colaborativa em Física e afirma que o estudo de experimentos dessa natureza, com a ajuda de simulação computacional, torna-se uma poderosa ferramenta que pode facilitar a aprendizagem. De acordo com a autora, o resultado mais significativo de seus estudos refere-se à possibilidade de aprender na interação social, quando a soma das diversas contribuições individuais de cada estudante facilita a construção qualitativa do entendimento sobre os eventos estudados.

Os efeitos das contribuições dos diferentes autores se fazem sentir no momento em que questionamos se é possível definir um experimento de pensamento e se é possível explicitar seu objeto de estudo e reflexão. Não importa qual seja o objeto de definição ou de compreensão que melhor identifique uma experiência de pensamento. Os autores já mencionados caracterizam EP de maneira que suas definições, em seus amplos aspectos, buscam uma convergência para atos da imaginação, modos de raciocínio e, de certa forma, conduzam à ideia de que o processo é de fundamental importância na instância de produção e circulação dos saberes científicos e escolares. Nessa perspectiva, uma definição excessivamente rígida poderia caracterizar como não exemplo muitos dos fenômenos historicamente tidos como bons exemplos de experiências mentais.

Em lugar de buscar a melhor definição de EP, Georgiou (2005) apresenta algumas condições tomadas de Gendler (2003) e aceitas por filósofos das Ciências que podem ser atribuídas aos EP como modo de raciocínio. Para o autor, tais condições se mostram mais eficazes do que uma definição, até por-

que essas condições, de certa maneira, guiam a seleção de EP na história da Ciência, quando autores os usam como exemplos e contraexemplos em seus argumentos. Giorgiou (2005) discute a importância de se gerar um experimento no pensamento, mesmo partindo de um pensamento trivial. O autor, fundamentando-se em Gendler (2003), destaca o quão importante é fazer uma distinção entre uma atividade de experiência do pensamento, autogerada, de uma atividade de interpretar a narrativa de um EP, elaborada por outros. A possibilidade de autogerar experiências de pensamento decorre da ideia de que a construção ou a reconstrução dos sentidos são favorecidas no contexto das atividades a serem desenvolvidas.

É importante salientar que não se trata aqui de definir os experimentos de pensamento como uma classe muito destacada de outros exercícios de pensamento antecipatórios, mas eleger, por questões históricas ou filosóficas, alguns deles que merecem destaque maior nessa discussão. Vários autores discutem e problematizam as experiências de pensamento executadas no âmbito de diferentes campos do conhecimento. Há, portanto, um arcabouço teórico que reúne diferentes visões de EP, das quais podemos refletir sobre o que tem sido feito e o que é preciso fazer para compreender e fazer uso mais significativo dessas experiências.

Em muitos casos, torna-se difícil encontrar a distinção entre trabalhos filosóficos e trabalhos científicos, a não ser tomando-se por base a natureza da publicação. Também, devido á característica não empírica, os trabalhos envolvendo EP são particularmente parecidos, podendo estar na interface entre a Filosofia e a Ciência. Dessa forma, a despeito dos vários argumentos contrários ou favoráveis a tais delimitações, uma justificativa de EP que pode englobar todos os outros EP, se "filosóficos" ou "científicos", é assim preferida. Isso tem sido ocasionalmente sugerido, e, enquanto não estivermos preparados para dividir os EP em filosóficos e científicos, podemos entendê-los como pertencentes a classes distintas com base no tipo de questões que o EP pode possibilitar, como, por exemplo, *o que poderia acontecer em determinado estado hipotético?* Ou ainda: *como nós poderíamos descrever situações e como poderíamos validá-las?*

Cooper (2005) admite que os EP possam ser empregados para responder diferentes tipos de questões, no entanto não concorda que correspondem a variedades de diferentes tipos de experiências, isto é, não é plausível pensar que há processos de pensamento distintos, considerando como as coisas são

ao descrevê-las e ao validá-las. Assim, nossa imaginação pode, ao mesmo tempo, criar situações e emitir juízo de valor; a descrição do evento e sua validação já são construídas em uma cena hipotética.

Sorensen (1991) argumenta em favor da legitimidade filosófica dos EP, visto que muitas vezes se configuram como precondições para a realização de experimentos físicos. Brown (1991a) argumenta também que a experiência de pensamento contribui para distinguir tanto os conceitos que facilmente caminham juntos como os controversos.

Wilkes (1988) enumera algumas dificuldades relacionadas a experiências de pensamento filosóficas, dentre as quais destacamos: o fato de, se podemos imaginar algo, não significa que este algo seja possível. O que uma pessoa considera intuitivamente certo, outra pode considerar obviamente errado; assim, as experiências de pensamento levam-nos muito longe do mundo real. Brown (1991a) questiona a base requerida por Wilkes, em várias experiências de pensamento, afirmando uma falta de contexto no qual pensar ou, em outras palavras, "uma experiência de pensamento é legítima desde que não viole as leis da natureza". Assim, Brown (1991a) relativiza a preocupação de Wilkes afirmando que não deva haver uma resposta definitiva para o questionamento, visto que se trata de uma questão que depende do grau de complexidade e da maneira como esses experimentos estão estruturados. Nesse sentido, muitas das reflexões que são feitas a respeito das experiências de pensamento filosóficas nos remetem a diferentes concepções e finalidades de tais usos.

Snooks (2006) se posiciona sobre os EP no contexto dos diferentes saberes destacando a significativa disparidade entre a Química e a Física. No campo da Química, diz o autor, parecem faltar exemplos de experiências de pensamento bem sucedidas, enquanto que, em forte contraste, a Física, e em especial a Biologia, com suas famosas experiências que acompanharam as mudanças históricas, ainda hoje são lembradas. Essa assimetria não é um dado isolado, mas uma manifestação que leva em conta a distinção entre a Física e a Química. Tais distinções justificam-se pelo fato de a Química não manifestar suas leis em termos de declarações universais e tampouco seu avanço dependa de um raciocínio *a priori*.

Para Norton (1996), EP científicos são nada mais que argumentos, assim como uma conclusão alcançada por um experimento "real" bem sucedido. As premissas no argumento têm sido estabelecidas de maneira

aceitável para um empirista. Assim, experiências de pensamento são argumentos que postulam estados hipotéticos ou contrafactuais de ocorrências e evocam particularidades irrelevantes para a generalidade da conclusão. A sua abordagem é motivada por um empirismo constante. Nesse sentido, as experiências mentais, na Física, contribuem para que as informações que já temos como argumentos identificáveis sejam um novo e misterioso caminho para o conhecimento do mundo físico.

Para Gendler (1998), um dos críticos de Norton, o argumento não nos dará acesso a um determinado conhecimento, uma vez que não o encontramos propositalmente disponível. Elaborado de forma apropriada, um EP pode fazer uma conexão vantajosa com o conhecimento e nos permitir fazer uso da informação sobre o mundo que estava de alguma forma lá o tempo todo, se somente nós tivéssemos condições de sistematizá-los em padrões para os quais somos capazes de dar sentido.

Na opinião de Cooper (2005), Norton falha ao especificar precisamente o que ele entende por argumento. Como o autor comenta, não se pode simplesmente dar significado a um argumento dedutivo, como ele explicitamente afirma que experimento mental pode ser indutivo ou dedutivo. Portanto, a autora rejeita a justificativa de Norton de conhecimento como argumento.

Elaborar uma conclusão com base em um experimento mental é fazer um julgamento sobre o que aconteceria se o estado particular dos casos descritos em algum cenário imaginário fosse, na verdade, obtido. Por outro lado, obter uma conclusão com base em um argumento não experimental mental é ser levado por um processo de raciocínio indutivo ou dedutivo de um conjunto de premissas explícitas que não fazem referências a estados hipotéticos ou contrafactuais particulares de casos a uma conclusão geral correspondente.

Vários autores rejeitam EP como argumentos dedutivos. Alguns autores, como Sidelle (1998), consideram que não são argumentos, mas que trabalham por meio de conexões com argumentos. Os diferentes atributos acerca das experiências de pensamento podem fazer com que a reflexão sobre fenômenos mobilizem a imaginação admitindo a migração de conceitos e teorias entre diferentes campos dos saberes. Admite-se que, muitas vezes, a imaginação é solicitada sem questionar a precariedade do conhecimento, que estaria inscrito no seu próprio caráter social e construído.

Abordaremos agora os EP no contexto do ensino de maneira a os tornar mais claros, do ponto de vista pedagógico.

Experimentos de pensamento no ensino de Ciências

A natureza dos EP e seus usos na educação têm sido pouco enfatizados como modalidade de ensino-aprendizagem de fenômenos. Embora Mach (1926) tenha sido um dos primeiros a defender a importância da Filosofia na Educação em Ciências e, em especial, os EP, suas contribuições não alcançaram na época um significativo espaço no cenário educacional, mostrando-se quase que totalmente ignoradas no mundo de língua inglesa (Matthews, 1991).

Em vários aspectos as contribuições de Mach (1926) permeiam propostas e objetivos das tendências atuais de teoria e prática da Educação em Ciências. Especificamente, suas investigações abordam conhecimentos de eletricidade, ótica, termodinâmica, dinâmica dos gases e na mecânica; contudo, ele foi também filósofo e historiador da ciência, além de preocupar-se com problemas de aprendizagem. Seus livros foram fundamentais para alguns nomes ilustres da Ciência, como foi reconhecido pelo próprio Einstein. Neles, os textos apresentavam uma introdução lógica e histórica, além de observações e pensamentos mais simples.

A visão de Ciência de Mach (1926) ainda mostra-se bastante atual em termos de tendências de inovações da Educação em Ciências, como mostram alguns de seus pressupostos: a) Aceitar a falibilidade da Ciência em detrimento da verdade absoluta; b) Entender que uma teoria científica só pode ser compreendida por meio de seu desenvolvimento histórico; c) Ensinar pouco, mas bem; d) Buscar o entendimento e a compreensão do objeto da Ciência; e) Respeitar o nível intelectual e capacidade do estudante; f) Propor questões filosóficas que sejam relacionadas com as Ciências; g) Engajar a mente do estudante.

Mach (1926) foi um grande defensor do ato de experimentar pelo pensamento, mostrando que os EP são importantes não apenas para questionar, mas também como atividade de desenvolvimento mental. Nesse sentido, essas experiências são importantes para o estudante, mas o ganho com esse método é imensurável para o professor, pois o possibilita conhecer as ideias e os conceitos fundamentais que os estudantes trazem sobre os conhecimentos investigados.

Consideremos como um exemplo de EP uma balança analítica, com resolução da ordem de décimo de miligrama, suficiente, portanto, para se

determinar a massa de uma mosca. Imaginemos agora que sobre o prato da balança haja um copo de vidro com a boca para baixo, e no interior desse copo, uma mosca repousa sobre o prato da balança. A massa do conjunto aparece registrada no visor. Suponhamos agora que a mosca comece a voar no interior do copo. A pergunta a ser feita é: *a massa registrada pela balança vai mudar?* (Mach, 1926).

O experimento acima pode ser facilmente executado, dependendo apenas da habilidade do seu executor em capturar uma mosca. Contudo, melhor do que executá-lo é pensar sobre seu resultado. A sua não execução *obriga-nos* a pensar sobre todas as variáveis que podem interferir no resultado, inclusive colocando em xeque conhecimentos acerca das leis de Newton, da composição de forças, da escolha do sistema e de suas vizinhanças (o peso do ar afeta ou não o valor registrado na balança? E quando a mosca está no ar? E se ela pousar no copo e não no prato?). É preciso refletir e colocar em prática diversos conhecimentos de Física, o que não ocorreria se o experimento fosse executado. Não haveria mais o que refletir e aprender sobre ele, se fosse trabalhado com ênfase nos resultados previstos pela ciência e comprovados no laboratório.

Em parte, é essa a ênfase abordada nos experimentos propostos nas aulas práticas de laboratório. Quase todas as condições iniciais do experimento já estão estabelecidas *a priori*, tais como o equipamento que vai ser usado, a forma de detecção/observação dos eventos ou dos resultados e muitas outras variáveis. Ao estudante, cabe, quando muito, ajustar algumas variáveis, executar o experimento (que muitas vezes significa apenas apertar botões), registrar os resultados obtidos e, posteriormente, interpretá-los usando uma teoria que já lhe foi apresentada. No exemplo acima, a montagem do experimento e a simples observação do mostrador da balança com a mosca pousada ou em voo já liquidariam, de início, o convite à reflexão acerca das diversas possibilidades físicas para o evento.

Como se pode depreender do exemplo, a realização física do experimento não é determinante para que se reflita sobre suas causas e consequências práticas e teóricas, exigindo-se, neste caso, um grau de reflexão que envolve todo o arcabouço de uma teoria. É aí que reside o valor do experimento de pensamento, a necessidade de se colocar à prova o arcabouço de uma teoria. Às vezes, as suas sutilezas podem acabar por colocar uma teoria em xeque. Sendo assim, não é possível subestimar o valor desse tipo de raciocínio para

se compreender teorias e, por que não, compreender como elas rivalizam entre si, o que traz elucidações importantes acerca das transformações sofridas pela Ciência, isto é, sua epistemologia.

Matthews (1991, 1994), por sua vez, destaca a importância do valor didático das experiências de pensamento quando se pede aos estudantes que antecipem mentalmente o resultado de um experimento. Trata-se de um processo que estimula a mente e revela o pensamento do estudante acerca dos conceitos relevantes que estão sendo investigados.

Outros autores, como Reiner e Burko (2003), também discutem a importância dos experimentos na perspectiva de suas limitações e importância para a Educação em Física. O erro, para os autores, não assume caráter de falta, valor negativo, deficiência, mas deve ser visto como oportunidade privilegiada e inerente a toda construção intelectual. Outro aspecto a salientar do trabalho desses autores é que há similaridade, em termos de nível metacognitivo, entre os físicos e os estudantes, divergindo apenas nas especificidades da temática estudada. No artigo: *On the Limitations of Thought Experiments in Physics and the Consequences for Physics Education*, os autores destacam de Reiner (1998) cinco níveis para a realização dos EP, sobre os quais sugerem os momentos em que os físicos e os estudantes estão mais suscetíveis a erros.

Resumidamente, esses níveis podem ser assim descritos:

1. Questões gerais e suposições, tais como a teoria física a ser utilizada; 2. Características do mundo imaginado pelos físicos (a formulação do EP e a escolha do modelo físico a ser utilizado); 3. Deduções formais; 4. Resultados, e 5. Conclusões.

Ao planejar cuidadosamente um experimento científico a ser executado por seus alunos, o educador está diante de uma elaboração mental que vai se traduzir em seu análogo no laboratório. Dito de outra forma, o experimento vai ser "real", ou seja, "realizado" no laboratório e, se explorado corretamente, pode conduzir a um ganho de conhecimento por seus executores. Ao contrário de experimentos físicos, os EP nunca tiveram uma metodologia prescritiva similar que fosse sistematizada para atividades especificamente didáticas.

Os processos pensados encorajam os estudantes envolvidos na criação de novos fatos, produzindo novas explicações. A título de ilustração, lembramos alguns desses experimentos considerados clássicos pelos seus significados na elaboração do pensamento científico: Queda de Corpos de

Galileu; Balde de Newton; Demônio de Maxwell; Microscópio de raios gama de Heisenberg, e o Experimento da Dupla Fenda de Young, realizado com luz. Estes EP têm a função de colocar as questões da natureza em uma forma particularmente evidente, colocando-nos face a face com entidades que exemplificam nossas teorias e nos forçam a pensar cuidadosamente nas explicações sobre os fenômenos (Chibeni, 1997).

As experiências e os EP consolidaram-se como eventos importantes que podem se tornar excelentes oportunidades de aprendizagem, pelas possibilidades de articulação com outros saberes. Além disso, as fontes históricas e epistemológicas de tais experimentos representam, atualmente, um grande volume de dados, que podem ser pesquisados, na perspectiva de instrumentalizar professores e estudantes na busca de estratégias que melhorem a qualidade da educação. Nessa perspectiva, em termos de especificidades de área de conhecimento, destacamos variados aspectos que, inevitavelmente, configuram-se fundamentais para a compreensão de experiências de pensamento. Do ponto de vista teórico, julgamos que esses aspectos permitem interpretar algumas variáveis que efetivamente contribuem para a identificação/interpretação de conhecimentos essenciais da trajetória cognitiva dos estudantes e suas necessidades de aprendizagem.

Exemplos relevantes de atividades que encorajam o exercício do pensamento podem ser encontrados em diferentes publicações, como em Lattery (2001). Inspirado pelo trabalho de Galileu, ele desafiou um grupo de estudantes a explorar a Lei das Cordas em um laboratório durante o desenvolvimento de uma pesquisa. Nesse experimento, os estudantes foram desafiados a tomar medidas, a levantar hipóteses, a testar suas previsões, a comparar seus dados com os dados do modelo básico e a considerar os erros como fontes de reflexão e busca de solução para o problema em questão. Como reflexão final, Lattery destaca que os estudantes facilmente entediam a questão e rapidamente emitiam suas opiniões, pois durante a discussão dos casos extremos do problema, como ângulos muitos grandes ou muito pequenos, hipóteses foram propostas e defendidas pelos estudantes.

Atividades dessa natureza ocupam a mente e revelam quais as crenças dos estudantes sobre um conceito que está sendo investigado. Trata-se de um poderoso instrumento para professores conhecerem o que os estudantes pensam ao se reportarem a conhecimentos científicos. Para alguns estudantes, essa forma de experimento poderá se mostrar óbvia, enquanto que ou-

tros irão conjecturar os resultados de uma maneira não usual, por exemplo, fazendo associações.

Os EP mostram-se desafiadores e configuram-se como fontes importantes de ideias quando envolvem problemas apropriados. Nessa perspectiva, de acordo com Valentzas, Halkia e Skordulos (2000), uma forma de motivação para familiarizar os estudantes poderia incluir atividades que enfatizam:

- o entendimento da convenção conceitual;
- estratégias de questionamento;
- ferramentas usadas na comunicação dos resultados de tais questionamentos;
- o papel e mecanismos do trabalho colaborativo entre cientistas e, consequentemente, entre estudantes.

Tais procedimentos mostram que muitas atividades de conhecimentos científicos, se bem conduzidas, sem dúvida proporcionarão uma aprendizagem mais significativa. De fato, a exposição das ideias que explicam as hipóteses, bem como a discussão, são processos interativos utilizados para interpretar fenômenos e são fundamentais à medida que se aplicam às novas experiências e a novos problemas, como afirmam Sanmarti et al. (1999).

Gilbert e Watts (1983) adiantam três razões para refletirmos sobre a validade dos EP em atividades didáticas.

- Primeiramente, EP são indispensáveis no ensino, e parece sensato ter um entendimento claro das bases deste *status*.
- Segunda: o lugar do trabalho experimental na Educação em Física, como tal, está sendo questionado. De um lado, a ênfase na solução de problemas se mostra atualmente uma perspectiva interessante em termos curriculares. De outro, a disputa contínua sobre o valor de trabalhos práticos, inevitavelmente caros, e na emergência de simulações baseadas em computador parece tornar os EP importantes.
- Terceira: a emergência do movimento sobre as concepções alternativas, tendo identificado uma distância de tais concepções, está agora em fase movente de produção de estratégias, com outras ênfases, com o intuito de promover modificações em sala de aula. Os EP parecem ter um provável papel principal.

Tomemos o exemplo clássico de EP O Demônio de Maxwell sobre o qual Leff e Rex (1990, 1997) salientam que sua discussão em situação de aula pode ser fundamental para o ensino e, em particular, para a história do conceito de entropia, embora a relevância de tal estudo não se limite puramente ao seu aspecto pedagógico. Um dos pontos fundamentais de todo o exercício é mostrar que o experimento viola a segunda lei da Termodinâmica, portanto, o que era impensável não é tão impensável assim.

Em suas várias formulações, o experimento de Maxwell pode ser útil em situação de ensino-aprendizagem, quando o estudante identifica falhas nos argumentos apresentados para um fato estabelecido, uma afirmação específica, uma previsão futura, uma explicação e, assim, se coloca diante de novas perspectivas, sobre antigas questões. Nesse contexto, os EP podem possibilitar a elaboração de novas questões que, mesmo não sendo fáceis de serem respondidas, permitem o exercício da reflexão acerca das ideias geradas.

Valentzas, Halkia e Skodoulis (2000) investigaram os EP sob a ênfase do seu papel na educação secundária. O foco de investigação desses autores está principalmente nos tópicos: o princípio da incerteza (teoria quântica); o princípio da equivalência (teoria geral da relatividade) e consequências do princípio da constância da velocidade da luz sobre os conceitos de espaço e tempo (teoria especial da relatividade), nos livros didáticos popularmente utilizados na Grécia.

Descrita de maneira simplificada, a investigação foi realizada em duas fases:

A – Detecção, seleção e estudo dos livros gregos mais populares, enfatizando que os EP mais indicados para a divulgação da ciência referentes aos três tópicos acima citados são: o Trem de Einstein; o Elevador de Einstein e o Microscópio de Heisenberg. Os resultados indicaram que 93% dos livros utilizados apresentam os EP como uma versão simplificada do original, e o formalismo matemático é omitido ou mesmo bastante simplificado.

B – Realização da base empírica com três equipes de estudantes que não tinham estudado os temas propostos. Como aspecto positivo dessa fase, pode ser destacado o forte engajamento dos estudantes, possibilitando: argumentação entre eles, ajudando significativamente na interação com aqueles estudantes que apresentavam mais dificul-

> dades; o enriquecimento do grau de compreensão de conceitos relevantes; a compreensão da terminologia adotada, até mesmo para os estudantes que apresentaram maiores dificuldades.

De acordo com Matthews (1991), é fundamental reconhecer que o sentido das palavras e conceitos depende dos contextos intelectuais em que ocorrem e que muda no decorrer do tempo. Portanto, tratar o conceito é, sob vários aspectos, dar ao estudante oportunidade de um encontro com a história, não aquela contada pelo último colaborador do livro-texto.

Tendo essas questões em mente, os EP devem ser encarados como uma das possibilidades de explorar as capacidades cognitivas mais amplas e complexas por meio de instâncias discursivas fecundas e dialógicas.

Pode-se considerar que os diversos movimentos de inovações do ensino de Ciências experimentaram um crescimento significativo de possibilidades, contudo, em termos de prática pedagógica efetiva, ainda há muito que se conquistar. Assim, planejar e pôr em prática propostas de ensino que ampliem essas possibilidades, significa defender e ampliar também o direito dos estudantes a uma educação que valoriza o contexto histórico em que o conhecimento científico foi elaborado.

Por fim, concordamos com Mach (1926) que o professor, ao propor a realização de um experimento de pensamento, deve considerar inicialmente as circunstâncias familiares e estender o problema para novas situações, propondo novas explicações, novos conceitos e novas teorias que expliquem os fenômenos na atual visão de mundo. Dessa forma, os EP apresentam-se desafiadores para o professor que necessita se familiarizar com a prática do debate, os argumentos principais e os conceitos envolvidos nas pesquisas abordadas.

Considerações finais

O uso de EP coloca, no mínimo, algumas exigências, como a reorganização das aulas, a discussão sobre os conteúdos como corpos significativos de conhecimentos, além de considerar que é imperioso adotar nova postura de abertura frente aos fenômenos que nos cercam. O valor dos EP em Ciências, como um caminho para a modificação de conceitos das teorias explicativas, pode ser produtivo tanto para o professor como para o alu-

no, por sua capacidade de permitir uma pluralidade de significações. Dessa forma, espera-se que os EP tenham um papel substancial na Educação em Ciências.

Esperamos que os aspectos aqui pontuados possam contribuir para uma reflexão sobre a utilização do EP como ferramenta útil para o tratamento de problemas conceituais e teóricos no ensino das Ciências.

Referências bibliográficas

BROWN, J. R. *The Laboratory of the Mind*: thought experiments in the Natural Sciences. London: Routledge, 1991a.

CHIBENI, S. S. *Aspectos da descrição física da realidade*. Campinas: CLE/Unicamp, 1997.

COOPER, R. Thought Experiments. *Metaphilosophy*, v.36, n.3, abr. 2005.

EINSTEIN, A.; PODOLSKI, B.; ROSEN, N. Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Physical Review*, n.47, pp.777-780, 1935.

GENDLER, T. S. Galileo and the Indispensability of Scientific Thought Experiment. *British Journal for the Philosophy of Science*. Oxford, v.49, n.3, pp.397-424, 1998.

GENDLER, T. S. Thought Experiments. In: NADEL, L. *Encyclopedia of cognitive science.* London: Nature Publishing Group, 2003. v.4, pp.388-394.

GEORGIOU, A. *Thought Experiments in physics problem solving: on intuition and imagistic simulation*. Thesis presented for the degree of master philosophy in Education Research. Faculty of Education, University of Cambridge (2005).

GILBERT, J.; WATTS, M. Concepts, misconceptions and alternative conceptions – Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, v.10, pp.61-98, 1983.

HELM, H.; GILBERT, J. Thought experiments and physics education – part 1. *Physics. Education.*, v.20, pp.124-131, 1985.

HELM, H.; GILBERT, J.; WATTS, M. Thought experiments and physics education – part 2. *Physics. Education*, v.20, pp.211-217, 1985.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1994.

________.*The essential tension*. Chicago: Chicago University Press, 1977.

LATTERY, M. J. Thought experiments in physics education: a simple and practical example. *Science & Education,* v.10, pp.485-492, 2001.

LEFF, H. S.; REX, A. F. Maxwell's demon: entropy, information computing. Princeton: Princeton University Press, 1990.

________.Maxwell's Demon and the Culture of Entropy, Physics Essays, v.10. pp.125-49, 1997.

MACH, E. On thought experiment. In: ______. *Knowledge and error*: sketches on the psychology of enquiry. 5.ed., Dordrecht-Holland/Boston-USA: D. Reidel Publishing Company, v.3, pp.134-147, 1905.

______. *Knowledge and error*: sketches on the psychology of enquiry. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1926. pp.134-147.

MATTHEWS, M. R. Ernst Mach and contemporary science education reforms. In: *History, philosophy and science teaching*: selected readings. New York: Teachers College Press, 1991.

______. *Science Teaching*: the role of history and philosophy of science, New York, Routledge, 1994.

MORA, J. F. *Dicionário de Filosofia*. Trad. Roberto Leal Ferreira, Alvaro Cabral, 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

NORTON, J. Are thought experiments just what you thought? *Canadian Journal of Philosophy*, n.3, v.26, pp.333-366, 1996.

OLIVEIRA, B. J. de. *Francis Bacon e a fundamentação da ciência como tecnologia*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

REINER, M. Thought Experiments and collaborative learning in physics. *International Journal of Science Education*, v.20, n.9, pp.1.043-1.058, 1998.

REINER, M.; BURKO, L. M. On the Limitations of Thought Experiments in Physics and the Consequences for Physics Education. *Science & Education*, v.12, pp.365-385, 2003.

SANMARTÍ, N.; IZQUIERDO, M.; GARCIA, P. Hablar e Ecribir: una condición necesaria para aprender ciencias. *Cadernos de Pedagogía*, n.281, pp.54-58, 1999.

SIDELLE, A. A Sweater Unraveled Following One Thread of Thought for Avoiding Coincident Entites. *Noûs*. n.32, v.4, pp.423-448, 1998.

SNOOKS, R. J. Another Scientific Separating Chemistry from physics: thought experiments. *Foundations of Chemistry*, v.8, n.3, pp.255-270, 2006.

SORENSEN, R. Vagueness within the Language of Thought. *The Philosophical Quarterly*, v.41, n.165, pp.389-413, 1991.

VALENTZAS, A.; HALKIA, K.; SKORDOULIS, C. *Thought experiments in the Theory of Relativity and in Quantum Mechanics*: their presence in textbooks and in popular science books. Athens: Laboratory of Science Education Epistemology and Educational Technology (Asel), University of Athens, 2000.

WILKES, K. V. *Real People*: Personal Identity without Thought Experiments. Clarendon Press, Oxford, 1988.

Parte II

A formação de conceitos no ensino de Matemática e Física

7
Um estudo exploratório sobre a formação conceitual em Geometria de alunos do Ensino Médio

Marcelo Carlos de Proença[1]
Nelson Antonio Pirola[2]

Introdução

Este estudo faz parte da área de pesquisa denominada Psicologia da Educação Matemática, cujo aporte teórico é baseado nos trabalhos da Psicologia Cognitiva e busca entender como as pessoas interpretam e compreendem a Matemática, a fim de propiciar melhorias no processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina.

Uma das linhas de pesquisa dessa área que o presente estudo abordou é a formação conceitual, nesse caso, a respeito da formação de conceitos geométricos: *polígonos e poliedros*. Tal investigação partiu de alguns levantamentos bibliográficos que mostraram que alunos da educação básica apresentaram dificuldades na formação e identificação de conceitos geométricos. Além disso, esses alunos evidenciaram, entre outras situações, dificuldades em classificar e diferenciar formas planas e não planas e dificuldades em formar os conceitos a partir da representação das formas geométricas (Gardiman, 1994; Oliveira e Morelatti, 2006; Santos, 2002; Silva, 2004).

Esses resultados muitas vezes estão relacionados ao tipo de ensino que é exercido em sala de aula. Segundo Gonçalez e Brito (2001), alunos que

---

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Licenciado em Matemática. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. E-mail: marceloproenca@yahoo.com.br.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Educação. E-mail: npirola@fc.unesp.br.

recebem o conteúdo matemático de forma pronta e acabada podem apresentar uma dificuldade maior para realizar abstrações e transferir a nova aprendizagem para outras situações. Além disso, há uma tendência de iniciar o ensino por meio de definições. Para Pais (2002), o professor deve trabalhar o desenvolvimento dos conceitos matemáticos, uma vez que, "por exemplo, a definição de uma figura geométrica por si só não pode traduzir a essência do conceito correspondente" (Pais, 2002, p.56).

O que podemos verificar é que essa situação está relacionada, entre outras, à formação do professor de Matemática. Pesquisas mostraram que muitos professores que ensinam Matemática têm dificuldades para abordar o conteúdo de Geometria em suas salas de aula, com os alunos, com o objetivo de favorecer uma aprendizagem significativa (Passos, 2000; Pirola, 2000; Pavanello; Franco, 2007; Quartieri; Rehfeldt, 2007).

Deve-se ressaltar a importância de o professor buscar formas eficientes de trabalhar os conceitos geométricos nas escolas, pois isso permite que o aluno desenvolva "um tipo especial de pensamento que lhe permite compreender, descrever e representar, de forma organizada, o mundo em que vive" (Brasil, 1998, p.51). Tais formas, quando alicerçadas em recursos como informática, materiais manipulativos entre outros, podem auxiliar o desenvolvimento de habilidades de visualização, desenho, argumentação lógica e de aplicação em solução de problemas.

Na visão de Lorenzato (1995), é importante a presença da Geometria em nossas escolas, pois essa parte da Matemática auxilia as pessoas a solucionarem problemas do cotidiano que, muitas vezes, são geometrizados, além de contribuir para que as pessoas possam solucionar problemas envolvendo outras áreas do conhecimento. "A Geometria desempenha um papel integrador entre as diversas partes da Matemática, além de ser um campo fértil para o exercício de aprender a fazer e aprender a pensar" (Fainguelernt, 1999, p.49-50).

Nesse sentido, o ensino da Geometria, especificamente o de polígonos e poliedros, pode ser pensado levando-se em consideração o trabalho com os atributos definidores e os exemplos e não exemplos desses conceitos (Klausmeier e Goodwin, 1977). Apesar de o desempenho dos alunos da educação básica estar relacionado à eficácia do ensino sobre conceitos geométricos, o interesse deste estudo foi analisar o conhecimento e desempenho de alunos do Ensino Médio em tarefas que exigiam a formação conceitual.

O modelo de aprendizagem e desenvolvimento de conceitos

Klausmeier e Goodwin (1977) desenvolveram estudos na área da Psicologia Cognitiva sobre formação conceitual e elaboraram um modelo de aprendizagem e desenvolvimento de conceitos. Tal modelo define *conceito* como a "informação ordenada sobre as propriedades de uma ou mais coisas – objetos, eventos ou processos – que torna qualquer coisa ou classe de coisas capaz de ser diferenciada ou relacionada com outras coisas ou classes de coisas" (Klausmeier e Goodwin, 1977, p.312).

Para tal definição, foram levadas em consideração oito características que os autores apontaram como importantes no ensino e aprendizagem escolar de um determinado conceito: aprendibilidade, utilidade, validade, generalidade, importância, estrutura, perceptibilidade de exemplos e numerosidade de exemplos.

O termo "conceito" é usado para designar tanto os *construtos mentais* de indivíduos como também as *entidades públicas* identificáveis que compreendam parte do conteúdo das várias disciplinas. Os conceitos como construtos mentais se formam de acordo com as experiências de aprendizagem e padrões maturacionais únicos de cada indivíduo. Conceitos como entidades públicas são definidos como informação organizada, que corresponde aos significados de palavras, os quais estão colocados em dicionários, enciclopédias e outros livros.

De acordo com o modelo, as pessoas aprendem e desenvolvem seus conceitos segundo quatro níveis cognitivos – concreto, identidade, classificatório e formal –, nessa sequência. Cada nível apresenta operações mentais necessárias para essa formação.

1. *Nível concreto* – prestar atenção a um objeto, discriminá-lo de outros objetos, representá-lo como uma imagem ou traço e manter a representação (lembrar).
2. *Nível de identidade* – envolve tanto discriminar várias formas de outros objetos como também generalizar as formas equivalentes.
3. *Nível classificatório* – generalizar que dois ou mais exemplos são equivalentes e pertencem à mesma classe de coisas.
4. *Nível formal* – discriminar atributos da classe; adquirir e lembrar os nomes de atributos; identificar exemplos e não exemplos; apresentar uma definição de acordo com os atributos definidores.

Segundos os autores, uma estratégia para formação conceitual, nesses níveis cognitivos é o uso de *exemplos e não exemplos* e a identificação de *atributos definidores*. O uso do primeiro possibilita a redução, ou mesmo evita os erros ocasionados pela supergeneralização, subgeneralização e má concepção do indivíduo sobre um conceito. O segundo corresponde às características que definem um conceito e o torna particular.

Em relação ao ensino, há certa tendência por parte dos professores a ensinar conceitos somente por meio de exemplos, omitindo-se os não exemplos. Quando isso acontece, os alunos podem formar conceitos de forma equivocada. Por exemplo, quando se ensina o conceito de polígonos é de fundamental importância que haja um trabalho com as figuras planas e não planas, para que os estudantes não supergeneralizem que uma pirâmide é um triângulo e vice-versa.

No caso dos atributos definidores, Klausmeier e Goodwin (1977) salientaram que eles são importantes e são utilizados para definir um conceito. Por exemplo, alguns atributos definidores de polígonos são: segmentos de reta, figura simples, figura fechada e figura plana. Alguns atributos definidores de poliedros são: figura não plana (espacial), vértices, arestas e faces. Isso é importante, pois pode-se diferenciar, por exemplo, um polígono de figuras que não são polígonos, como o círculo.

Um outro aspecto importante para a aprendizagem e desenvolvimento de conceitos salientado por Klausmeier e Goodwin (1977) diz respeito à generalidade do conceito, ou seja, é importante que no ensino os conceitos sejam ensinados não desvinculados uns dos outros, mas relacionados por meio de uma taxonomia.

Quando uma pessoa forma um conceito nos níveis classificatório e formal, ela pode utilizá-lo, entre outras situações, para estabelecer relações em uma taxonomia, as quais denominaram de *supraordenadas* e *subordinadas*. As relações supraordenadas são aquelas que partem de conceitos específicos para os gerais (exemplo: quadrado – paralelogramo – quadrilátero – polígono), e as relações subordinadas são aquelas que partem de conceitos gerais para os específicos (por exemplo: poliedro – prisma – cubo). A percepção dessas relações é importante, pois mostra as conexões entre os atributos definidores de cada conceito bem como propicia o desenvolvimento da discriminação de conjuntos de exemplos e não exemplos.

De acordo com a problemática sobre as dificuldades encontradas pelos alunos no trabalho com conceitos de Geometria e com a proposta de aprendizagem e desenvolvimento de conceitos, o estudo respondeu ao seguinte problema de pesquisa: *Qual o conhecimento conceitual sobre polígonos e poliedros, que alunos do Ensino Médio possuem, em termos de seus atributos definidores, das relações subordinadas e supraordenadas e de seus exemplos e não exemplos?*

Metodologia

Participaram da pesquisa 253 alunos, sendo 97 do gênero masculino e 156 do gênero feminino, do Ensino Médio de uma escola pública do interior do Estado de São Paulo, que frequentavam aulas no período diurno. O quadro abaixo mostra a quantidade de alunos por turma.

Quadro 1: Número de participantes por série do Ensino Médio.

Ensino Médio	Turma A	Turma B	Turma C	Total
1ª série	32	31	30	93
2ª série	24	26	24	74
3ª série	32	23	31	86
Total	88	80	85	253

Os instrumentos utilizados na coleta de dados foram: (1) questionário, (2) prova matemática (instrumento 1) contendo questões conceituais; (3) teste de atributos definidores (instrumento 2) contendo 28 afirmações; (4) teste de exemplos e não exemplos (instrumento 3) contendo 24 figuras e; (5) teste de relações subordinadas e supraordenadas (instrumento 4) contendo 30 afirmações.

Todos os instrumentos foram aplicados, em uma primeira fase, nessa ordem para cada uma das nove turmas, utilizando o tempo de duas horas-aula. Após isso, calcularam-se as médias de cada um dos 253 alunos obtidas na prova matemática e nos testes. A partir dessas médias, a fim de melhor entender o que os participantes sabiam de polígonos e poliedros, estabeleceu-se uma segunda fase.

Na segunda fase, escolheram-se, aleatoriamente, três alunos com médias abaixo de cinco pontos e três alunos com média acima ou igual a cinco pontos (zero a dez), conforme quadro abaixo, para uma entrevista individual. Isso foi importante, uma vez que o pesquisador pôde desenvolver, de maneira intuitiva, uma ideia a respeito do modo como os participantes interpretam aspectos do mundo (Bogdan e Biklen, 1994).

Quadro 2: Participantes que foram selecionados para serem entrevistados.

Ensino Médio	Média Final < 5,0	Média Final >= 5,0
1ª série	Aluno do 1ºC – P1	Aluno do 1ºA – P4
2ª série	Aluna do 2ºB – P2	Aluna do 2ºA – P5
3ª série	Aluno do 3ºC – P3	Aluna do 3ºA – P6

Tais entrevistas, do tipo semidirigida (Ketele e Rogiers, 1993), foram feitas a partir da reaplicação da prova matemática e dos testes (audiogravadas). Cada aluno tinha que respondê-los em voz alta, e o pesquisador fazia perguntas para tentar entender o que eles sabiam e entendiam das tarefas que envolviam polígonos e poliedros.

Nesse sentido, foi feita uma análise quantitativa dos dados obtidos na primeira fase e uma análise qualitativa dos resultados obtidos nas entrevistas. Na análise quantitativa, o desempenho dos 253 participantes em cada uma das atividades, tanto por série quanto por gênero, foi feito por meio do teste quiquadrado (com dois graus de liberdade para série e um grau de liberdade para gênero), para comparar se a porcentagem de acerto entre as séries (ou entre os gêneros) poderia ser considerada igual.

Além desse teste estatístico, o desempenho de cada um dos participantes foi feito, após determinar uma nota (0 a 10), utilizando a técnica de análise de variância (Anova), com um modelo fatorial completo de dois fatores (2-way), série e gênero (3x2), por meio do teste F, e quando este detectou diferenças significativas entre as médias, foi utilizado o teste de comparações múltiplas de Tukey.

Para processar os dados, foi utilizado o pacote estatístico Statistical Package for Social Science - SPSS (Norusis, 1993), e o nível de significância foi de 5% (□ = 0,05). Porém, em todos os casos as estatísticas foram acompanhadas do p-valor, dando ao leitor liberdade para extrair suas próprias conclusões. Os p-valores menores que 0,05 indicam a existência de diferenças

significativas entre as porcentagens de respostas corretas por séries ou nas médias das notas nos instrumentos.

Na análise qualitativa, objetivou-se entender a maneira como pensavam os entrevistados a respeito dos conceitos de polígonos e poliedros, pois é uma forma de tentar "compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrever em que consistem estes mesmos significados" (Bogdan e Biklen, 1994, p.70).

Análise quantitativa dos resultados

Em relação à primeira fase, os resultados da prova matemática e de cada um dos três testes foram analisados de acordo com as respostas dos 253 participantes em cada questão, cada afirmação e cada figura. No entanto, vamos apresentar apenas os resultados das análises gerais.

Prova matemática: a Tabela 1 mostra a média (escala de zero a dez) e o desvio padrão (DP) no total e por série e gênero. Os participantes apresentaram um baixo desempenho (média igual a 2,25 pontos), o que demonstra que eles tiveram dificuldades em responder questões como: *O que você entende por polígono?*, e *O que você entende por poliedro?*

Tabela 1: Desempenho dos participantes na prova matemática por série e gênero.

Série	Masculino			Feminino			Total		
	Nº	Média	DP	Nº	Média	DP	Nº	Média	DP
1ª	35	1,90	1,33	58	2,04	1,28	93	1,99	1,29
2ª	26	2,39	2,27	48	2,06	2,60	74	2,17	2,48
3ª	36	2,74	2,32	50	2,52	1,97	86	2,62	2,11
Total	97	2,34	2,02	156	2,20	1,98	253	2,25	1,99

Os alunos do gênero masculino da 3ª série do Ensino Médio foram os que apresentaram maior média (2,74). Contudo, essas diferenças não foram significativas nem por série ($F(2,247) = 2,415$; $p = 0,091$) nem por gênero ($F(1,247) = 0,286$; $p = 0,593$). Isso significa que nem a série nem o gênero interferiram no desempenho dos participantes.

Teste de atributos definidores: a Tabela 2 mostra o desempenho dos participantes no total e por série e gênero. O resultado do teste estatístico Anova

mostra que não existe diferença por série ($F(2,247) = 2,499$; $p = 0,084$) nem por gênero ($F(1,247) = 0,075$; $p = 0,784$).

Tabela 2: Desempenho dos participantes no total e por série e gênero.

Série	Masculino			Feminino			Total		
	Nº	Média	DP	Nº	Média	DP	Nº	Média	DP
1ª	35	5,93	1,18	58	5,88	1,12	93	5,90	1,14
2ª	26	5,80	1,07	48	6,01	1,39	74	5,94	1,28
3ª	36	6,43	1,24	50	6,13	1,30	86	6,25	1,28
Total	97	6,08	1,20	156	6,00	1,26	253	6,03	1,24

Comparadas à prova matemática, as médias nesse teste em cada série, foram muito superiores e apresentaram certa linearidade, mas mesmo assim mostram um desempenho distante do esperado para participantes do Ensino Médio. Em relação ao gênero, apenas as mulheres da 2ª série tiveram média superior (6,01) à dos homens (5,80), porém essa superioridade não foi estatisticamente significativa.

Teste de exemplos e não exemplos: a Tabela 3 mostra o desempenho dos participantes no total e por série e gênero. O resultado da Anova mostra que não existe diferença por série ($F(2,247) = 2,892$; $p = 0,057$) nem por gênero ($F(1,247) = 0,613$; $p = 0,434$).

Tabela 3: Desempenho dos participantes no total e por série e gênero.

Série	Masculino			Feminino			Total		
	Nº	Média	DP	Nº	Média	DP	Nº	Média	DP
1ª	35	5,262	1,718	58	5,273	1,562	93	5,269	1,613
2ª	26	5,433	2,026	48	5,694	2,115	74	5,602	2,074
3ª	36	6,424	2,118	50	5,550	2,220	86	5,916	2,208
Total	97	5,739	2,009	156	5,491	1,960	253	5,586	1,979

Pode-se observar que nesse teste as médias obtidas em cada uma das três séries foram ligeiramente menores em relação às médias obtidas no teste de atributos definidores.

Teste de relações subordinadas e supraordenadas: a Tabela 4 mostra o desempenho dos participantes no total e por série e gênero. O resultado da Anova mostra que *existe* diferença por série ($F(2,247) = 3,785$; $p = 0,024$), mas não existe diferença por gênero ($F(1,247) = 0,000$; $p = 0,995$).

Tabela 4: Desempenho dos participantes no total e por série e gênero.

Série	Masculino			Feminino			Total		
	Nº	Média	DP	Nº	Média	DP	Nº	Média (*)	DP
1ª	35	5,59	1,02	58	5,24	1,26	93	5,37 a	1,18
2ª	26	5,41	1,05	48	5,82	1,07	74	5,68 ab	1,08
3ª	36	5,93	1,28	50	5,87	1,08	86	5,89 b	1,16
Total	97	5,67	1,14	156	5,62	1,18	253	5,64	1,16

(*) Médias com letras iguais não diferem segundo o teste de comparações múltiplas de Tukey.

Como não foi encontrada diferença por gênero, foi aplicado o teste F para analisar as diferenças por série, que ratifica o resultado, e o teste de comparações múltiplas de Tukey assinala que o desempenho da 3ª série difere do da 1ª série, mas o desempenho da 2ª série mantém interseção com essas duas séries.

Apesar dessas diferenças terem sido significativas do ponto de vista estatístico, observa-se que não superam meio ponto em uma escala de zero a dez, isto é, o ganho a cada série é pequeno.

Resumo do desempenho apresentado nos quatro instrumentos

A Tabela 5 resume o desempenho dos 253 participantes na prova matemática e nos três testes nessa primeira fase. Foram encontradas diferenças no desempenho por série apenas no teste de relações subordinadas e supraordenadas (Instrumento 4) e na nota média final, que apresentaram um crescimento linear a cada ano de instrução, embora o ganho em cada série seja pequeno, como ilustra a Figura 1.

Tabela 5: Síntese do desempenho dos participantes nos quatro instrumentos.

Instrumento	1ª série (n = 93)		2ª série (n = 74)		3ª série (n = 86)		Total (n = 253)		Teste F (1)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média (2)	DP	F(2,250)	p-valor
Inst. 1	1,99	1,29	2,17	2,48	2,62	2,11	2,25 a	1,99	2,340	,098
Inst. 2	5,90	1,14	5,94	1,28	6,25	1,28	6,03 c	1,24	2,172	,116
Inst. 3	5,27	1,61	5,60	2,07	5,92	2,21	5,59 b	1,98	2,418	,091
Inst. 4	5,37	1,18	5,68	1,08	5,89	1,16	5,64 b	1,16	4,620	,011
Média	4,63	0,85	4,85	1,20	5,17	1,32	4,88	1,15	5,069	,007

Esse teste se refere à comparação entre as médias das três séries dentro de cada instrumento e também à comparação entre as médias dos quatro instrumentos (independente da série), cujo resultado foi ($F(3,1008) = 291,135$; $p = 0,000$), isto é, o desempenho nos instrumentos foi diferente. Médias com letras iguais não diferem segundo o teste de comparações múltiplas de Tukey.

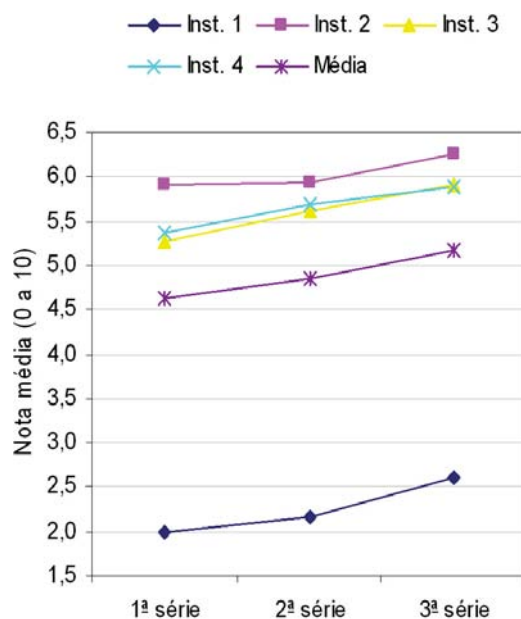



Figura 1: Desempenho médio dos participantes nos quatro instrumentos por série.

Foram encontradas diferenças significativas no desempenho dos participantes entre os quatro instrumentos ($F(3,1008) = 291,135$; $p = 0,000$). O pior desempenho foi na prova matemática (Instrumento 1), e o melhor desempenho foi obtido no teste de atributos definidores (Instrumento 2).

Análise qualitativa dos resultados

Os resultados da segunda fase, que corresponderam às respostas dadas pelos entrevistados, os quais estão apresentados no Quadro 2, foram comparados ao que cada um tinha feito na primeira fase. Apresentaremos apenas as respostas para algumas das questões, afirmações e figuras que faziam parte dos instrumentos.

Prova matemática: o Quadro 3 apresenta as respostas dos seis entrevistados sobre a questão: *O que você entende por polígono?*

Quadro 3: Respostas dos participantes sobre polígono.

O que você entende por polígono?	
Primeira fase	**Segunda fase**
Branco.	*P1: Que tem todos os lados iguais?* *P1: Os lados iguais, eu acho que não tem os lados iguais.*
Branco.	*P2: É tipo assim... que nem... um triângulo é um polígono... pode ser diversos lados, não é? Que nem, o triângulo tem três... aí, tem o quadrado tem quatro lados, aí qualquer um que tenha, aí lados, não é?*
Branco.	*P3: Tem que ter faces, arestas.* *P3: Acho que teria que ter lados iguais, de mesma medida.*
Nome que se dá aos lados.	*P4: Polígono é só você... lado... basta ser... ser um quadrado... tipo quadrado, quatro lados iguais... polígono é mais ou menos isso.* *P4: Polígono tem... retas.*
Figura com três lados ou mais.	*P5: Polígono é desenho com no mínimo três lados, o triângulo, ou mais.* *P5: As arestas (chamando lados de arestas)*
Figura formada apenas por linhas retas.	*P6: Face, aresta, vértice.* *P6: Uma face.*

O Quadro acima permite verificar que apenas P2 e P5 souberam identificar tipos de polígonos pela quantidade de seus "lados" (segmentos de reta). Já P3 e P6 citaram atributos de poliedros para identificar polígonos. Pode-se observar que apenas P5 deu a mesma resposta nas duas fases da pesquisa. Também se pode perceber que P3 e P4 achavam que polígono é o que tem lados iguais. Nesse caso, P3 pode estar particularizando o conceito de polígono com apenas um tipo de atributo, "lados de mesma medida", que é uma característica do conceito de polígono regular.

Além da análise dessa questão, o Quadro 4 apresenta as respostas dos seis entrevistados sobre a questão: *O que você entende por poliedro?*

Quadro 4: Respostas dos participantes sobre poliedros.

O que você entende por poliedro?	
Primeira fase	**Segunda fase**
Branco.	*P1: (não, balançando a cabeça).*
Branco.	*P2: Não sei, que... eu pensei que no polígono pode ser até cinco lados e no poliedro pode ser mais que cinco.*
Branco	*P3: Fazer eu até faço (ideia), mas assim, muito pouco.*
Branco	*P4: Que ele é tipo tridimensional... tipo cubo?* *P4: Tem dimensão.*
Figuras tridimensionais.	*P5: É... tem dimensão. Pode ter uma perspectiva. Que nem, no caso, o cubo e a pirâmide. Tem tipo... ai, não sei explicar.*
Polígono formado por linhas curvas ou uma (linha curva).	*P6: É um polígono, mas que possui volume. Bom, agora ele vai ter profundidade e altura.* *P6: Desenho em três dimensões. Tem tudo. Face, aresta, o vértice.*

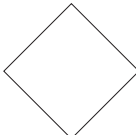
Verifica-se, no quadro acima, que P6 apresentou respostas diferentes nas duas fases da pesquisa, sendo que na entrevista foi o único que declarou sobre atributos definidores de poliedros (face, aresta, vértice, três dimensões). Porém, mostrou um erro ao dizer que se tratava de um polígono com volume, o que indica que ainda não conseguia diferenciar polígono de poliedro, pois o primeiro é figura plana, e o segundo, figura não plana.

Teste de atributos definidores: apresentaremos os resultados sobre a afirmação: *Todos os polígonos são formados por segmentos de reta.* O Quadro 5 mostra que P2, P3, P5 e P6 mudaram suas respostas na entrevista e que, como para P5 círculo é polígono, ele concluiu que a afirmação só poderia ser falsa.

Quadro 5: Respostas dos participantes sobre a afirmação de polígono que envolveu o atributo segmento de reta.

Todos os polígonos são formados por segmentos de reta.	
Primeira fase	**Segunda fase**
Verdadeiro.	*P1: Verdadeiro.* *P1: São as partes de um polígono.* *P1: Que está em volta dele.*
Falso.	*P2: (colocou verdadeiro).* *P2: Não... ai... tem a reta... horizontal, vertical.*
Falso.	*P3: (colocou verdadeiro)* *P3: Iria de um vértice ao outro.*
Falso.	*P4: Acho que é falso.* *P4: Nenhum, né. Porque uma reta não forma um polígono. Só uma reta. Porque segmento de reta é um pedaço de linha.*
Verdadeiro.	*P5: (colocou falso).* *P5: Por causa do círculo. Ele é um polígono.*
Falso.	*P6: Sim.* *P6: Um pedaço de uma linha, de uma reta.*

Em relação ao participante P6, pode ser observado que ele acertou a afirmação e identificou o que era segmento de reta, mas quando solicitado a dar exemplos, incluiu não exemplos e mostrou não entender o atributo definidor investigado, conforme o diálogo abaixo:

P: Dá um exemplo.
P6: Quadrado, um triângulo, uma circunferência.
P: No caso, o círculo, tem segmento de reta?
P6: Tem, mas ela não é uma reta.
P: Você acha que mesmo essa curva pode ser chamada de segmento de reta?
P6: Sim.

Pode-se observar que a grande dificuldade de P6 está no desconhecimento do conceito de segmento de reta. Se sua aprendizagem fosse baseada nos exemplos de polígonos que possuem segmentos de reta comparados com não exemplos, os quais possuíssem linhas curvas, poderia não incluir a circunferência como exemplo de polígono. A Proposta Curricular para o ensino de Matemática do Ensino Fundamental (São Paulo, 1997) recomenda que se ofereçam atividades para os alunos na compreensão da noção de polígono por meio da apresentação de figuras que são não polígonos, como as figuras com curvas, em que, por meio da comparação é possível identificar os polígonos como figuras fechadas, lados que não se cruzam e lados formados por segmentos de reta.

Teste de exemplos e não exemplos: apresentaremos as respostas sobre as figuras *quadrado* e *cubo*. O Quadro 6 mostra que nas duas fases da pesquisa, todos os entrevistados assinalaram polígono para o quadrado, exceto P2, que respondeu nda na entrevista. No geral, parece que o atributo irrelevante "borda espessa" não causou dificuldades aos alunos.

Quadro 6: Respostas dos participantes sobre o atributo irrelevante "borda espessa".

Figura: quadrado **Atributo irrelevante: borda espessa**	
Primeira fase	**Segunda fase**
Polígono.	*P1: Polígono.* *P1: Não. (não influenciou na resposta)*
Polígono.	*P2: Nda.* *P2: Porque é um quadrado.*
Polígono.	*P3: Polígono.* *P3: Interferiu um pouco. Ela (figura) seria um quadrado.*
Polígono.	*P4: Polígono.* *P4: Não faz diferença.*
Polígono.	*P5: Um polígono.* *P5: (sobre a influência da borda espessa, respondeu que não, balançando a cabeça).*
Polígono.	*P6: Polígono.* *P6: Não tem nada a ver. (a borda espessa)*

O Quadro 7 mostra que P4, P5 e P6 foram os únicos que identificaram o cubo como um tipo de poliedro nas duas fases da pesquisa. O participante P2 havia repetido a resposta dada na primeira fase, mudando-a depois de questionado pelo pesquisador, pois tinha dito que cubo era quadrado.

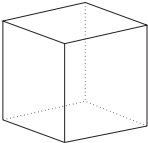
P: É um cubo ou um quadrado?
P2: É um cubo.
P: Se é um cubo, continua sendo nda?
P2: Não, é poliedro.
P: Por quê?
P2: Porque tem mais de cinco lados.

Quadro 7: Respostas dos participantes sobre o cubo.

Figura: cubo

Primeira fase	Segunda fase
Polígono.	*P1: Poliedro.* *P1: Cubo.*
Nda.	*P2: Poliedro.* *P2: Porque tem mais de cinco lados.*
Polígono.	*P3: Poliedro. Uma figura tridimensional.*
Poliedro.	*P4: A dois é poliedro.* *P4: Porque ela tem dimensão.*
Poliedro.	*P5: (colocou poliedro) (o pesquisador não questionou).*
Poliedro.	*P6: (colocou poliedro) (o pesquisador não questionou).*

Teste de relações subordinadas e supraordenadas: análise da afirmação: *Todo quadrado é um losango.* O Quadro 8 mostra que somente P5 identificou o atributo comum entre quadrado e losango. No entanto, relatou que as figuras são iguais (*P5: Ah, se tiver assim é quadrado, e se virar...*), mostrando desconhecimento sobre as duas figuras.

Esse resultado indica que a aluna, de acordo com a teoria de Klausmeier e Goodwin (1977), possui pouco formado o conceito de quadrado e de losango ao nível identidade, pois ela não identificou que uma figura rotacionada é sempre a mesma.

Quadro 8: Respostas dos participantes sobre a afirmação "Todo quadrado é um losango".

Todo quadrado é um losango	
Primeira fase	**Segunda fase**
Falso.	*P1: Falso.* *P1: Nem todo quadrado é losango.*
Verdadeiro.	*P2: (colocou falso)* *P2: Porque eu não sei o que é losango.*
Falso.	*P3: Falso.* *P3: Os dois, pelo que eu estou pensando aqui, os dois parecem que são iguais, mas não que todo quadrado é losango.*
Falso.	*P4: Falso.* *P4: Porque quadrado é quadrado, losango é losango, mas eu não sei o que é losango.*
Verdadeiro.	*P5: Eu acho que é verdadeiro.* *P5: É. De mesma medida. (os lados de ambos)*
Falso.	*P6: (colocou falso).* *P6: Não. Todo losango é um quadrado, quadrado não é um losango.*

Dos alunos que não consideraram quadrado como losango, podemos perceber as dificuldades, pois P2 e P4 não sabiam o que era um losango, e P1, P3 e P6 parecem que não conheciam o atributo comum entre as figuras, sendo que P6 mostrou desconhecer qual dos dois conceitos era mais geral.

Considerações finais e implicações do estudo

O objetivo da pesquisa de mestrado foi investigar o conhecimento conceitual de alunos do Ensino Médio sobre polígonos e poliedros em termos de atributos definidores, relações subordinadas e supraordenadas e exemplos e não exemplos.

Os resultados encontrados na prova matemática (M = 2,25), no teste de atributos definidores (M = 6,03), no teste de exemplos e não exemplos (M = 5,59) e no teste de relações subordinadas e supraordenadas (M = 5,64) mostraram as dificuldades que os participantes da pesquisa tiveram sobre conceitos geométricos, o que confirma dificuldades apresentadas por outras pesquisas (Oliveira e Morelatti, 2006; Viana, 2000).

A identificação de atributos definidores dos conceitos de polígono e poliedro, o reconhecimento e a discriminação de seus exemplos e não exemplos e a percepção de relações de inclusão por meio de um atributo comum,

são conhecimentos interligados. Esses conhecimentos deveriam ter sido aprendidos em séries anteriores.

Segundo a Proposta Curricular para o ensino de Matemática do Ensino Fundamental (São Paulo, 1997), a percepção de poliedros como prismas e pirâmides e da relação entre suas faces, vértices e arestas, bem como a classificação de figuras em polígonos e não polígonos devem ser trabalhadas nas séries iniciais do Ensino Fundamental, proporcionando a discussão que envolve outros conceitos relacionados, como a construção de figuras com régua e compasso e a validação de teoremas.

De modo geral, de acordo com as dificuldades de alunos do Ensino Médio sobre o conhecimento conceitual de polígonos e de poliedros, o ensino de Geometria deveria levar em consideração formas de favorecer a aprendizagem dos atributos definidores e dos exemplos e não exemplos. Isso poderia ser feito a partir da utilização de *softwares* geométricos, do uso de materiais como geoplanos e mosaicos, representação plana da figuras por meio de régua e compasso, construção e manipulação de sólidos geométricos, entre outras, favorecendo a percepção das propriedades e o desenvolvimento dos conceitos.

Sabe-se que o ensino de Geometria, muitas vezes, tem sido realizado de forma equivocada nas escolas. O triângulo equilátero, por exemplo, é apresentado na mesma posição, frequentemente utilizado para introduzir fórmulas e realizar cálculos, e pouco destinado ao trabalho conceitual, sendo, além disso, o único exemplo de triângulo discutido em sala de aula.

Esse tipo de trabalho pode prejudicar o aluno na formação de um conceito geométrico, como mostrado por Ferreira e Correia (2007) ao investigarem a percepção geométrica, quando alunos do Ensino Médio acharam que se mudasse a posição da folha em que estava desenhado um triângulo, ele não seria a mesma figura. Outros professores, atuando no Ensino Médio, exploram as figuras espaciais apenas para aplicação de cálculos de volume e de outras relações. Existem, além disso, aqueles professores que ainda reforçam a ideia de que a Geometria está em estado de abandono ao darem maior ênfase para conteúdos aritméticos e algébricos por não dominarem tais conceitos geométricos.

> Nas escolas observa-se um engajamento, ainda tímido, na retomada da Geometria dentro das aulas de Matemática como domínio a ser explorado. Ainda são encontrados alguns docentes que evitam lecionar esses conceitos por não conhecê-los (Rezi-Dobarro, 2007, p.155).

Desse modo, Klausmeier e Goodwin (1977) salientam que o ensino poderia levar em consideração atitudes como: 1. discutir e explorar os atributos definidores dos conceitos; 2. apresentar e discutir com os alunos exemplos e não exemplos, analisando os atributos definidores e também os atributos irrelevantes; 3. discutir e propiciar condições de os alunos perceberem as relações de inclusão entre polígonos e entre os poliedros; 4. apresentar situações-problemas como ponto de partida para discutir atributos e exemplos e não exemplos, favorecendo a aprendizagem dos conceitos em sala de aula.

Contudo, espera-se que possamos reverter o quadro das dificuldades que os alunos apresentam sobre a formação conceitual em Matemática e, especificamente, na formação de conceitos de polígono e poliedro.

Referências bibliográficas

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação*. Uma introdução à teoria e aos métodos. Trad. Maria João Alvarez; Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, Coleção Ciências da Educação. 335p, 1994.

BRASIL. Secretaria de Ensino Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: SEF/MEC, 1998.

FAINGUELERNT, E. K. *Educação Matemática:* representação e construção em geometria. Porto Alegre: Artes Médicas. 1999.

FERREIRA, A. R.; CORREIA, W. M. Explorações geométricas no ensino médio. 2007. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9, 2007. Belo Horizonte - MG. *Anais*... Belo Horizonte: SBEM, 2007.

GARDIMAN, A. C. Q. *Uma análise de configurações geométricas interveniente no processo ensino-aprendizagem da geometria em nível de 1º grau.* 174p, 1994. Dissertação (Mestrado em Educação) – Curso de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

GONÇALEZ, M. H. C. C.; BRITO, M. R. F. A aprendizagem de atitudes positivas em relação à Matemática. In: BRITO, M. R. F (Org.). *Psicologia da Educação Matemática:* teoria e pesquisa. Florianópolis: Insular, pp.221-234, 2001.

KETELE, J. M.; ROEGIERS, X. *Metodologia da recolha de dados.* Coleção Epistemologia e Sociedade. Trad. Carlos Aboim de Brito. Lisboa: Instituto Piaget. 1993.

KLAUSMEIER, H. J.; GOODWIN, W. *Manual de Psicologia Educacional:* aprendizagem e capacidades humanas.Tradução de Abreu, M. C. T. A. São Paulo: Harper & Row. 1977.

LORENZATO, S. Por que não ensinar geometria? *Educação Matemática em Revista* – SBEM, n.1, 3-13, 1995.

NORUSIS, M. J. *SPSS for windows base system user's guide release 6.0*. Chicago, IL: SPSS INC, 1993.

OLIVEIRA, E. A.; MORELATTI, M. R. M. Os conhecimentos prévios de alunos da 5ª série do ensino fundamental*:* um caminho para a aprendizagem significativa de conceitos geométricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3, 2006. Águas de Lindoia – SP. *Anais...* Águas de Lindoia: SBEM, 2006.

PAIS, L. C. *Didática da Matemática:* uma análise da influência francesa. 2.ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PASSOS, C. L. B. *Representações, interpretações e prática pedagógica:* a geometria na sala de aula. 2000. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2000.

PAVANELLO, R. M.; FRANCO, V. S. A construção do conhecimento geométrico no ensino fundamental: uma análise de um episódio de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9, 2007. Belo Horizonte – MG. *Anais...* Belo Horizonte: SBEM, 2007.

PIROLA, N. A. *Solução de problemas geométricos:* dificuldades e perspectivas. 2000. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2000.

QUARTIERI, M.; REHFELDT, M. J. H. Investigando conceitos no ensino de geometria. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9, 2007. Belo Horizonte – MG. *Anais...* Belo Horizonte: SBEM-MG, 2007.

SANTOS, L. P. *Compreendendo dificuldades de aprendizagem na articulação de conceitos geométricos*. 193p, 2002. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2002.

SÃO PAULO (Estado). *Proposta curricular para o ensino de matemática:* 1º Grau. Secretaria da Educação. CENP, 1997.

REZI-DOBARRO, V. *Solução de problemas e tipos de mente matemática:* relações com as atitudes e crenças de autoeficácia. 2007. Tese (Doutorado em Psicologia Educacional) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.

SILVA, J. N. *Compreendendo as dificuldades de aprendizagem dos alunos do CEFET-AL em geometria espacial.* 2004. 103p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2004.

VIANA, O. A. *O conhecimento geométrico de alunos do Cefam sobre figuras espaciais:* um estudo das habilidades e dos níveis de conceito. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2000.

8
Análise semiótica sobre a compreensão de conceitos matemáticos na representação de espaços e significação de fenômenos naturais

Selma Rosana Santiago Manechine[1]
Ana Maria de Andrade Caldeira[2]

Introdução

O professor, muitas vezes, vê-se dividido entre o paradigma tradicional[3], enraizado na nossa estrutura, e o discurso educativo que apresenta elementos escolanovista emergentes das necessidades assumidas pela Ciência frente aos avanços sociotecnológicos. Repensar o fazer escolar, com vínculo na humanização do sujeito, implica pensar a prática educativa de maneira menos fragmentada (de modo disciplinar), garantindo a integração e a significação dos saberes a partir da formação inicial do educando. Os ideários do movimento da escola nova, representado por Dewey (1979, p.139), já preconizavam essa relação: *compreender é apreender a significação... Apreender a significação de uma coisa, de um acontecimento ou situação é ver a coisa em suas relações com outras coisas*.

A partir dessa concepção, os saberes escolares se compõem na interdependência entre as áreas estabelecidas e aos conhecimentos traduzidos pela sociedade. Sendo assim, os conteúdos abordados em sala de aula deverão ter como objetivo a busca da amplitude de significação e a articulação dos saberes.

---

1 FIJ – Faculdades Integradas de Jaú. Docente do curso de Matemática e Pedagogia. Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Unesp/Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. E-mail: selma.manechine@gmail.com.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Docente do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: anacaldeira@f.unesp.br.

3 Paradigma tradicional é entendido como aquele em que o ensino é centrado no professor.

Machado (2002) ressalta que a escola deve lançar desafios à abertura ao diálogo entre diferentes saberes – científico, social e escolar. Para tanto, a apreensão e análise de diversas linguagens, de tecnologia e de inúmeras reflexões de ordem histórica são metas relacionadas à construção do conhecimento no processo escolar nesse início de século.

Dentre os conceitos matemáticos analisados na pesquisa, pautamo-nos nesse trabalho em expor a investigação gerada sobre a forma de representar o espaço estudado (canteiro de plantas) com 32 alunos do 4º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública.

Os signo-pensamentos gerados pelos participantes durante o desenvolvimento das ações didático-metodológicas sobre a compreensão do espaço investigado e sua representação foram foco de análise e reflexão para melhor significação dos fenômenos naturais envolvidos.

As atividades envolvendo os conceitos matemáticos como noção de escala, fronteira, localização, medida e figuras geométricas foram construídas integrando a disciplina de Ciências Naturais com cunho interdisciplinar. O uso de contexto experimental (canteiro de plantas) como elemento mediador possibilitou diagnosticar desde as primeiras percepções sobre o fenômeno investigado até a sua máxima representação interpretativa/significativa das ações de ensino e aprendizagem dos partícipes.

Procuramos, por meio da teoria semiótica de Sanderes Charles Peirce (1839-1914) e de sua filosofia pragmática, fundamentos metodológicos e analíticos das relações simbólicas geradas pelos alunos no processo de significação e ressignificação do espaço estudado. Peirce, em seus estudos sobre a lógica (semiótica), coloca a Matemática como uma ciência que procura constituir seus conhecimentos de maneira que os objetos de estudo sejam as próprias relações de ideias que os fundamentam. Nesse aspecto, a relação com a experiência é subjacente à construção do conhecimento científico da Matemática, que se justifica pelos próprios objetos de investigação. Um segundo aspecto dessa ciência se concretiza com a apreensão de seus objetos (conhecimentos) pela e na sociedade. São esses objetivos que os saberes matemáticos efetivam como pensamentos historicamente elaborados e experienciáveis.

O compromisso do processo de elaboração de conhecimento, na teoria peirceana, firma-se na produção de relações que permitem ao indivíduo, em cada experiência com o fenômeno estudado, produzir significados, de maneira que as significações estabelecidas vão se tornando cada vez mais próximas do fenômeno a ser conhecido, gerando hábitos de conduta. Nesse

sentido, o caráter formativo do aluno passa pela capacidade de uma elaboração dinâmica do conhecimento.

Por essa razão ele sustenta:

> A significação de um símbolo consiste em como ele pode levar-nos à ação, é evidente que esse, como não pode referir-se à descrição de movimentos mecânicos causados pelos símbolos, mas deve procurar referir uma descrição da ação que tem este ou aquele fim (C.P. 5, 135).[4]

Nesse enfoque, as ações desenvolvidas objetivarão:

a) pesquisar ações didático-metodologias para o ensino e aprendizagem referentes aos conceitos e habilidades de medidas e noção espacial, tendo como preocupação o envolvimento do educando com a realidade;
b) investigar quais as contribuições das linguagens matemáticas, à medida que elas são relacionadas com o desenvolvimento e apreensão de conceitos científicos de Ciências Naturais a partir de um contexto experimental;
c) desenvolver ações didático-metodológicas para o ensino de Matemática integrando diferentes componentes curriculares.

Tomamos como conhecimentos determinantes para o desenvolvimento do trabalho os conceitos matemáticos relacionados à: (a) medida de comprimento (m, dm e cm); (b) noção de espaço (fronteira e formas geométricas); (c) localização e aferição do espaço; (d) representação e interpretação pictórica do espaço investigado a partir de uma escala predeterminada.

Esses saberes foram apreendidos e utilizados pelos alunos para a compreensão dos conceitos de competição e coexistência de seres vivos pertinentes à área de Ciências Naturais.

O papel da experiência no processo investigativo

A experiência na qualidade de buscar relações entre os diversos saberes teve o papel investigativo de associar-se às ideias (atos reflexivos) anteriores e, por consequência, promover significações decorrentes de análises e previsões, gerando novos signos (interpretantes).

4 C.P. refere-se aos Collected Papers of Charles S. Peirce.

Na pedagogia de Dewey (1979), a educação é parte integrante da vida social. Desse modo, a educação torna-se *uma contínua reconstrução de experiência.* O conceito de experiência, na concepção deweyana, não se limita a relações humanas. Experiência, para Dewey, não é algo estático como um desenvolvimento de receita laboratorial no sentido agente-reagente; é uma forma de interação com o meio, em que o agente se identifica com o meio. Atingindo-o, é também atingido. Assim, por intermédio das experiências e da reflexão sobre o experienciado, o aluno pode perceber o sentido da apreensão dos conhecimentos escolares e suas implicações no meio, e não apenas imprimi-los por meio de treino desvinculado de seu significado de vida. Isso envolve a questão de "como" e "para que se aprende o que se apreende".

Machado (2002) põe em evidência que, quando conhecemos algo, damos significados a ele. Segundo o autor, o conhecer pode ser ampliado em um contexto de "ir além". Quando o conhecimento aprendido não se limita a atos isolados, apresenta-se envolvido em "feixes de relações", dando ao conhecedor oportunidades às novas experiências.

Para Peirce, o objeto em estudo tem caráter originariamente fenomênico, e devemos partir da observação a que ele denomina "abstração" a fim de chegarmos a afirmações falíveis, as quais uma inteligência é capaz de aprender por meio da experiência. O valor da experiência em sua teoria tem valor primordial, porque é por meio dela que mudamos as crenças (ideias) a fim de criamos novos hábitos.

Entendemos, ainda, ser necessária a valorização da criatividade do aluno. Este deve buscar um processo de organização controlada para proceder a uma revisão crítica da experiência e dos procedimentos verificáveis com o objetivo de preparar o pensamento para enfrentar problemas e projetar soluções operativas. Assim, devemos atentar para a falta de ações experienciadas pelos alunos na escola e, consequentemente, a falta do pensar desses alunos a partir de atividades que os obriguem a se debruçar sobre as situações conflitantes de maneira investigativa

A Filosofia Pragmática de Peirce

A estrutura do pragmatismo de Peirce é comparada à construção de uma casa, processo durante o qual o engenheiro considera passo a passo todas as circunstâncias e propriedades dos materiais a serem empregados. Seu método tem como objetivo determinar o *significado real de qualquer conceito, pa-*

lavra ou proposição. Por significado, compreende a ideia que se atribui a algo por meio de afirmações. E *real*, o estado da coisa em que se acredita em ocasião última. Assim, a ideia formada sobre o real pode ser "qualidade de sentimento, um fato ou um signo" (Peirce, 2003, p.194). "O significado último, de todo o signo, consiste, predominantemente, numa ideia de sentimento ou predominantemente numa ideia de atuar e ser atuado" (CP.3,491).

Diante do real, em um processo de atuar e de ser atuado por ele, acontece a formação de ideias que, por meio de um estado de vontade, faz-nos experimentar certas percepções, acarretando experiências, denominadas por ele de *consequências práticas* (Peirce, 2003).

> A fim de determinar o significado de uma concepção intelectual, dever-se-ia considerar quais consequências práticas poderiam concebivelmente resultar, necessariamente, da verdade dessa concepção; e a soma destas consequências constituirá todo o significado da concepção (Peirce, 2003, p.195).

Em decorrência disso, o significado se constitui a partir de um processo coletivo de ações, pois o significado último não se define em uma ideia, mas em consequências de ações. Desse modo, o conhecimento científico, para Peirce, não é como conhecimento acumulado, mas um modo peculiar de ação de conduta.

Nesse processo, *o significado* estabelecido das ações de conhecer "não consiste em experimento, mas sim em fenômenos experimentais". Como *fenômeno,* define a ação do experimentalista de acordo com certas diretrizes que ele organiza em sua mente. Desse modo, "os resultados experimentais são os únicos resultados capazes de afetar a conduta humana" (Peirce, 2003, p.195).

No pragmatismo peirceano, os conceitos se ampliam para categorias mais gerais dos símbolos, pois por meio de condutas humanas, o significado se estabelece, e não apenas por uma ideia que o signo evoca na mente (Peirce, 1972, p.18). Em sua teoria sígnica, destaca que o conhecimento se faz mediante signos e no decorrer da experiência. Para ele, signo *é algo que representa algo para alguém, sob algum prisma* (Peirce, 2003, p.48).

Na filosofia peirceana, a semiótica se ocupa do universo das representações, ou seja, das relações de inteligibilidade do homem com o mundo e com ele mesmo, elaborando ações interpretativas. Desse modo, *não podemos pensar sem signos* (Peirce, 1994, p.47). Nesse sentido, o pragmatismo evidencia relações entre o experimentador/experimento em uma constituição contínua.

No pragmatismo, temos que o significado de algo depende do quando e do como, e isso nos leva ao propósito de ação, a caminhos de estágios de ação mental. Peirce definiu esses estágios em três inferências de raciocínio: abdução, indução e dedução. Esse estudo se insere no interior da semiótica, na apresentação de argumentos como um desdobramento da classe dos signos de terceiridade.

Abdução constituída como a forma mais fraca de uma argumentação é, contudo, aquela que propicia ideias novas em função das coisas reais. Para Peirce, a abdução é um "método de se formar uma predição geral" (CP,2,270), mesmo que isso não garanta que decorra do processo a veracidade sobre o fenômeno (Peirce, 2003)

A inferência indutiva é a forma mais elaborada de um argumento que procede da abdução, porém ainda de consistência fraca, que não garante um sentido científico e sendo apenas um patamar para experiências futuras. Temos na indução uma efetiva ligação com a abdução, pois o partir de um estado de indiferença redigido pela vontade, desencadeia ações de observações sobre o experimento em uma situação de predefinição de seus traços, construindo assim futuras determinações. Quanto ao raciocínio dedutivo, apresenta-o como um argumento que representa fatos nas premissas. Essa perspectiva nos faz pensar em uma metodologia que coloque em evidência uma proposta de ensino e aprendizagem a fim de propiciar a elaboração de inferências hipotéticas e sua reflexão em busca de mudança de hábito de conduta para o ensino de Matemática. Assim, que possibilite o desencadeamento dos três raciocínios (abdução, indução e dedução) e não seja apenas meio de apresentação de fatos (indução/dedução) em busca de estruturas abstratas dedutivas.

Nessas condições, o trabalho dessa ciência se constituiria de relações de ensino e aprendizagem que buscassem a potencialidade de ensino a partir de práticas investigativas dos conhecimentos científicos por meio das manifestações de situações de aprendizagem.

Conceito de espaço

Apesar de as experiências quanto à noção espacial já fazerem parte do mundo do educando, nem sempre, no contexto escolar, aquelas são compreendidas por ele. Podemos identificar nas práticas escolares de muitos profes-

sores a apropriação, com o intuito de contextualizar os conhecimentos, de materiais didáticos tais como: filme, jogo, computador, objeto etc. Desse modo, os educadores buscam aproximar o educando das representações figurativas simbólicas do mundo real utilizando modelos e objetos que funcionam como meio apresentativo/demonstrativo dos conceitos a serem estudados.

Pais (2000), analisando a influência do movimento da escola nova, concebe o *aprender fazendo*, princípio implícito nessa tendência pedagógica, e nos lembra, em relação ao uso de material didático, que esse princípio foi compreendido pelos educadores como manipulação de objetos. Muitos educadores, entretanto, deixam de considerar a necessária relação entre *experiência e reflexão* que deve existir entre o fazer e o aprender fazer reflexivamente. Na teoria semiótica peirceana, isso é essencial, sem o qual o signo interpretante lógico não será alcançado.

Duhalde e Cuberes (1998, p.62), apoiados nessa concepção, discutem a importância da *observação e da reflexão* na construção do conhecimento. Alertam que a experiência por si só não tem sentido, a menos que seja *precedida de uma observação ativa e seja acompanhada por uma reflexão posterior*. Em estudo sobre o campo espacial, Piaget (1973), em sua teoria, afirma que o meio é indissociável do sujeito na compreensão das percepções. Podemos afirmar, segundo a teoria piagetiana, que os alunos de 3ªs séries, crianças com idades entre 9 a 11 anos, encontram-se na lógica pré-operatória, em que as relações entre os objetos são partes integrantes do processo de aprendizagem. Por conseguinte, quanto mais relações tiverem com o contexto estudado, mais os fenômenos serão percebidos e apreendidos no defronto com esse todo. Essa concepção também é reafirmada por Peirce, uma vez que, para ele, pensamento é ação.

A partir dessas considerações, podemos inferir que a compreensão das relações espaciais deve ser desenvolvida não por "fatos" de dados, mas iniciada por experiências perceptivas apresentadas às crianças de 1ªs séries, de maneira que possibilitem maior contato possível com o espaço a ser estudado. A partir da apresentação das superfícies, deve-se propiciar relações concretas entre as fronteiras e o espaço limitado por elas.

Partindo, inicialmente, de processos experimentais, o ambiente espacial pode adquirir significados mais amplos, e no desenvolvimento das impressões sobre o real, as relações matemáticas podem ser vivenciadas e articuladas pelo educando em via de construir proposições e generalizações geomé-

tricas. Segundo Peirce, esse processo de conhecer busca alcançar pela mente que interpreta a máxima significação tendendo a signos em terceiridade.

Entendemos, desse modo, que os conhecimentos oriundos do espaço vivenciado pelo aluno passam a se organizar em espaço percebido, que surge com o estabelecimento de relações com os elementos experienciados, criando possibilidades de representações e futuras generalizações, como é o caso das figuras geométricas, mapas, plantas, gráficos, diagramas etc. Esse construir, na teoria peirceana, é denominado semiose, não é estanque, e pode ser notado a todo instante do conhecer.

Parece-nos natural pensar que, no decorrer das séries do Ensino Fundamental, as diferentes abordagens da geometria devam se relacionar para a compreensão do fenômeno, de maneira que a percepção, relação e construção de propriedades estejam presentes nesse processo.

Fainguelernt (1999, p.53) enfatiza a representação geometria a partir da visualização e faz referência ao desenho como uma estratégia de fundamental importância para o pensamento espacial. Para ela, a visualização consiste na habilidade de *perceber, representar, transformar, descobrir, gerar, comunicar, documentar e refletir* sobre as informações visuais.

A teoria peirceana determina que o símbolo, gerado pelo processo de semiose, *está conectado na força da ideia da mente-que-usa-o-símbolo, sem isso a ligação com o Objeto não existiria* (Peirce, 1972, p.26). Nesse aspecto, os símbolos matemáticos (signos lógicos) representados em forma pictórica perfazem as habilidades apresentadas por Fainguelernt, pois estão interligadas à ação da mente que usa-o-símbolo para a formação de novas generalizações.

Do ponto de vista da semiótica peirceana, as interpretações de sensações são descritas pela percepção à medida que o aluno entra em contato, de maneira ativa, com o objeto em estudo. Nos momentos de atividades inter-relacionais, podemos vincular a apresentação/representação do fenômeno ao processo de decodificação a partir da visualização. E à medida que a ação experimental sobre o objeto é antecedida pela volição, ela permite a constituição de novas condições para a geração de imagens simbólicas (signos simbólicos). Estas vão se estruturando pelas e nas representações verbais ou não verbais em outros novos signos e/ou novas sistematizações, que, por sua vez, podem possibilitar inovadoras formas de representações do fenômeno (semiose).

Silveira (2002) trata esse contínuo movimento de construção simbólica, por meio da semiótica peirceana, como uma ciência *lógica da conduta*. Para o autor, cabe à semiótica

> representar o objeto como objeto de volição e o meio pelo qual racionalmente alcançá-lo. Desse modo, é precedida não só pela representação categorial da experiência, como pela representação da admirabilidade com que se apresentam os fenômenos e pela volição do fenômeno como objeto de conduta (Silveira, 2002, p.46).

Os primeiros contatos com o objeto ou fenômeno a ser estudado não se iniciam com representações de experiências, pois a representação já é a evocação que o aluno emite a partir das percepções apreendidas pela volição expressa no contato com o fenômeno quando esse é apresentado. A representação é alcançada com base nas relações elaboradas, que podem ser externalizadas em diferentes linguagens sígnicas. Nessa perspectiva, traçada por Silveira (2002) e elucidada por nós à luz do processo de ensino e aprendizagem, o professor deve apresentar aos alunos situações previamente organizadas e refletidas que estimulem a aplicabilidade de habilidades perceptivas e de atitudes de admirabilidade referentes ao contexto estudado, possibilitando momentos para os alunos construírem suas próprias relações e sucessivamente os conceitos delas decorrentes.

Acreditamos que o uso de desenho para a manifestação das observações das crianças das primeiras séries do Ensino Fundamental seja viável como parte do processo comunicativo de apresentação/representação do fenômeno enfocado.

Metodologia e desenvolvimento da pesquisa

A metodologia da pesquisa foi fundamentada nos princípios básicos do referencial da semiótica peirceana quanto à relação do signo com o objeto dinâmico e quanto à produção de signos-pensamento obtidos durante o processo de construção de significados.

O processo investigativo dos signos matemáticos apreendidos pelos alunos estruturou por meio da análise e reflexão dos conceitos, que emergiram das situações-problema desencadeadas dos processos experienciais

por meio de canteiros de plantas (Canteiro I e II) utilizados no estudo do espaço e compreensão do fenômeno natural – competição e coexistência de seres vivos. O estudo vigente foi balizado pelo desenvolvimento dos conceitos matemáticos e habilidades referentes ao espaço e formas: a) noção de espaço: fronteira, formas geométricas; b) localização e aferição de espaços.

Desde os primeiros encontros, os alunos se mostraram solícitos em relação ao trabalho a ser desenvolvido. Buscamos interagir, de forma plena, com o coletivo instituído, para garantir a identificação necessária e fundante. A partir desse contexto, procuramos observar, entender, analisar e ressignificar o objeto de estudo. Flick (2004) caracteriza a investigação como qualitativa, na medida em que se converte em um processo contínuo de construção de versões da realidade.

Apresentamos como níveis investigativos (para análise do conjunto das relações fenomênicas observadas nas ações didáticas desenvolvidas) a tríade Sentir-Perceber/Relacionar/Conceituar. Procuramos, por meio das categorias e diagramas, contextualizar o estudo com o fundamento da semiótica. Entendemos as relações Sentir-Perceber/Relacionar como propulsoras de interpretantes emocionais expressos por interpretantes lógicos no momento em que uma mente interpretadora confronta sentimentos provocados pela primeiridade proposta por Peirce à realidade circundante. Trata-se de um confronto com dados experienciais que levam à ação, qualquer que seja essa, conforme demonstraremos a seguir.

A correlação entre os três elementos Sentir-Perceber/Relacionar/Conceituar tem consigo a essência da concepção da semiótica peirceana no que se refere às categorias universais do pensamento (primeiridade, secundidade e terceiridade).

Da relação desenvolvida pelo correlato Signo, Representante e Interpretante, temos semioticamente, no nível Sentir/Perceber, o objeto dinâmico sendo apreendido por meio da observação, gerando como elemento primeiro e singular o Sentir. Configurando-se a partir de "rede-de-percepções", apontam informações sobre o objeto investigado (Perceber/Relacionar). O nível conceituar decorrente dessa série interpretativa constitui o interpretante de maior significado para o objeto, deste modo, do significado do signo.

As inferências perceptivas produzidas (primeiridade) estabelecem formas de relações com o objeto dinâmico, chegando a possíveis formulações

sígnicas no nível Relacionar, prevalecendo a geração de signos em secundidade. Quando os signos produzidos a partir das relações indiciais com o objeto constituírem um signo complexo – que represente o fenômeno em todas as suas dimensões, pelo menos em relação àquele momento da pesquisa –, podemos considerá-lo em nível de terceiridade (geração de interpretantes lógicos tendendo à simbolização), que deverá engendrar um conceito, ou signo genuíno. Caso o signo não possa ser elaborado genuinamente, a efetiva representação do objeto em estudo produzirá um signo degenerado, ou em nível de interpretantes de menor significado.

Para Peirce (1972), os elementos de todo conceito inserem-se no campo lógico do pensamento por meio da percepção, e este se projeta pela ação. Nesse sentido, a tríade Sentir-Perceber/Relacionar/Conceituar perpassa o caminho da construção do conhecimento e, consequentemente, do próprio processo investigativo.

No nível Sentir/Perceber, situamos ações de confronto relacionadas ao contexto experiencial concreto advindo dos contatos que foram propostos com os canteiros de plantas, canteiros esses utilizados no decorrer do estudo do espaço, das formas e do acompanhamento do crescimento das mudas existentes e plantadas.

Nesse sentido, o exercício de observação de um ambiente natural pode oferecer múltiplas possibilidades de interação com formas, cores, espessuras, texturas, quantidade, altura, propiciando, por meio de situações de aprendizagem, estímulos de outros órgãos do sentido além do auditivo e do visual para o desenvolvimento de conhecimentos científicos. Afirma Caldeira (2004) que o ambiente natural deve ser o ponto de partida e de chegada do processo investigativo.

No segundo nível, temos o P-S/Relacionar – um conjunto de ações didáticas tendo como objetivo fazer do aluno um articulador de possibilidades ao decodificar signos matemáticos, utilizando-os para elaborar e reelaborar as suas próprias concepções sobre os problemas decorrentes das atividades experienciais sobre o fenômeno estudado. As habilidades discentes a serem desenvolvidas no nível de relacionar estão essencialmente ligadas ao nível Sentir-Perceber, e geram interpretante tendendo à simbolização em nível de secundidade. Em Peirce, as relações se constituem no processo de semiose, de maneira que, nas categorias universais da formação do pensamento, a secundidade é por ele definida como o confronto, estado de esforço da men-

te que, por meio de percepções, estabelece relações sígnicas que indicam o objeto estudado.

O nível S-P/R/Conceituar, definimos como um conjunto de ações em que o aluno, familiarizado com a atividade proposta, consegue organizar as informações pertinentes exploradas durante o processo de ensino e aprendizagem. As expressões do aluno nessa etapa devem explicar de forma coerente e conclusiva a situação estudada e serão categorizadas como interpretantes lógicos tendendo à terceiridade. Entendemos como forma coerente e conclusiva os resultados de compreensão representados na etapa de conhecimento analisado, e como conhecimento final/lógico, a conceitualização de algo que deve propiciar uma apreensão de significados (interpretantes), considerando-os sempre um procedimento do devir que deve proporcionar um hábito ou uma mudança de conduta decorrente da formação desse hábito.

Análise semiótica dos espaços estudados

Os alunos iniciariam um projeto de estudos com atividades referentes a um canteiro de plantas (Canteiro I). Eles tiveram que observar e, ao mesmo tempo, emitir as opiniões que quisessem. O canteiro era um espaço triangular de dimensões de 3m x 3m x 4,5m localizado perto da horta escolar. Tratava-se de um espaço desocupado. Nele, cresciam, sem nenhum controle, comigo-ninguém-pode, alecrim, boldo, erva-cidreira, roseiras e outras espécies variadas distribuídas em diferentes extratos. Uma pequena cerca de bambu limitava o maior lado do canteiro, separando as plantas pendentes do caminho que dava acesso à horta. Um outro lado de 3m se localizava entre uma parede com uma janela, a da biblioteca da escola, e um corredor. O outro, de mesma medida, situava-se entre um corredor e a parede do fundo dos banheiros das crianças. Um portão interno isolava o canteiro e a horta do acesso diário das crianças.

Foi nesse espaço que as pesquisadoras buscaram o desenvolvimento das atividades, integrando o processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Matemática com a disciplina de Ciências Naturais, no sentido de analisar, com 32 crianças de 3ª série, o conceito de competição e coexistência entre os seres vivos. Para isso, foi necessário o envolvimento das crianças com

o canteiro, de maneira experimental, por meio de uma sequência de procedimentos didáticos que envolvessem os seguintes elementos: a) identificar as plantas; b) relacionar os espaços entre elas; c) verificar se os elementos essenciais à sobrevivência eram disponíveis igualmente.

Para a construção dessas atividades, eram imprescindíveis os conceitos matemáticos relativos a: a) representação do espaço; b) medidas de comprimento para aferição das espécies e do espaço; c) construção e leitura em tabelas dos dados coletados durante as experiências; d) identificar a noção de escala e sua importância na representação do espaço.

Primeira observação/representação do Canteiro I

Iniciamos com uma visita ao canteiro de plantas. Nessa etapa, foram apresentadas as questões:

a) O que vocês sentem ao observar esse canteiro?; b) Vocês consideram que existem muitas plantas no canteiro?; c) Com tantas plantas presentes, será que uma planta atrapalha o desenvolvimento da outra?

As várias hipóteses estavam sendo categorizadas para abordagem dos conceitos de Ciências Naturais. Ao analisarmos as concepções dos alunos, deparamo-nos com conceitos matemáticos implícitos quanto à comparação de diferentes grandezas (comprimento, quantidade) e a relação de espaço entre as mudas. Seguem as ideias emitidas sobre as questões levantadas e as observações registradas:

As grandes ocupam os lugares das pequenas e atrapalham uma a outra. (A25)
Tem muita planta. Uma não ocupa o lugar da outra.(A4)

As crianças retornaram para a sala e projetaram em desenho as percepções sobre o canteiro de planta I. Por meio dessa atividade pictórica, pudemos verificar que os alunos representaram detalhes das folhas e flores.

Analisando o formato do canteiro desenhado pelos alunos, pudemos observar que a maioria representou o canteiro de forma linear, sem delimitação de fronteiras; outros o representaram como uma região fechada, mas com formato irregular qualquer. E apenas um aluno representou-o de forma triangular.

Quanto ao conceito de fronteira: um aluno relacionou as circunvizinhanças; dez alunos representaram a cerca de bambu, e os demais (20 alunos) não identificaram as fronteiras. Os diferentes extratos entre as plantas foram observados e relacionados por 16 alunos, e os demais desenharam as plantas em um só extrato.

Analisando semioticamente as representações do canteiro com um formato regional qualquer, podemos apontar relações indiciais em nível Sentir-Pereceber/Relacionar na representação do espaço e dos demais elementos existentes, nesse local, expressas nos desenhos elaborados por esses alunos, como, por exemplo, substratos de plantas e caramujos, que apontam o fenômeno, oferecendo algumas informações sobre o local observado. A aluna (A7) expõe, por meio do desenho, uma melhor representação do canteiro. Esboça uma compreensão mais detalhada do espaço estudado por meio dos conceitos: formato triangular definido, fronteiras localizadas e plantas desenhadas em diferentes extratos. Consequentemente, essa aluna demonstrou, por meio do registro pictórico, tendências de simbolização do objeto, as quais categorizamos como interpretante lógico em nível conceitual (S-P/R/C). Segue a ilustração para melhor compreensão da análise.

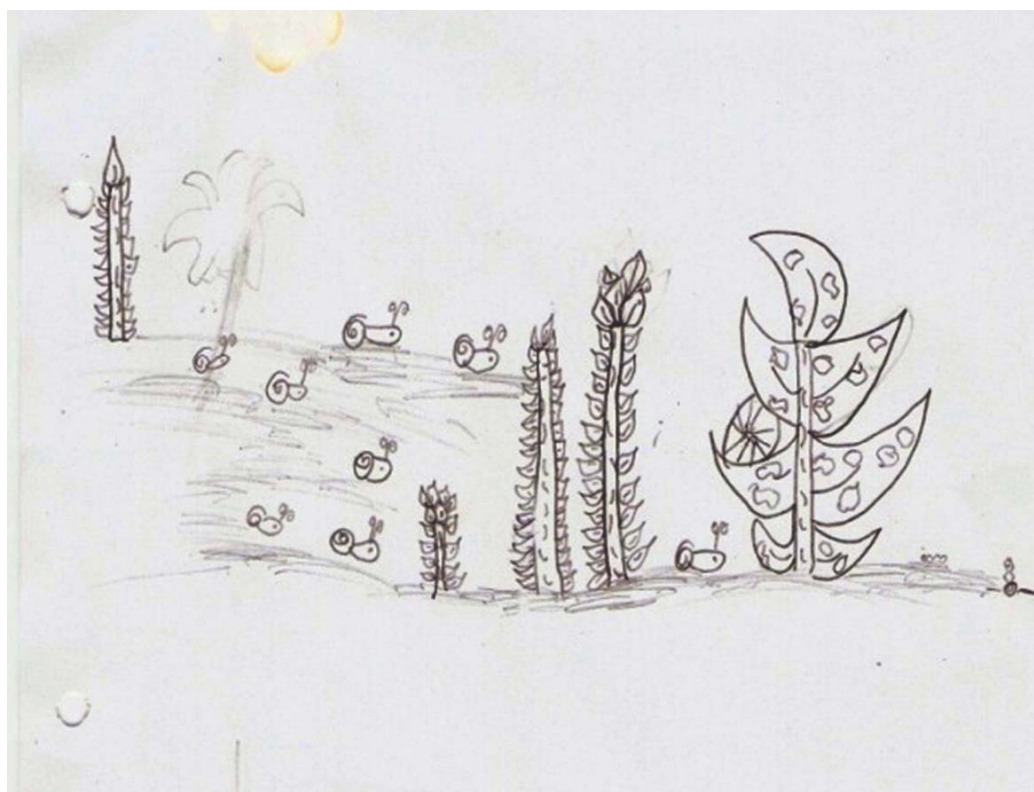



Figura 1: Percepção do Canteiro I (23).

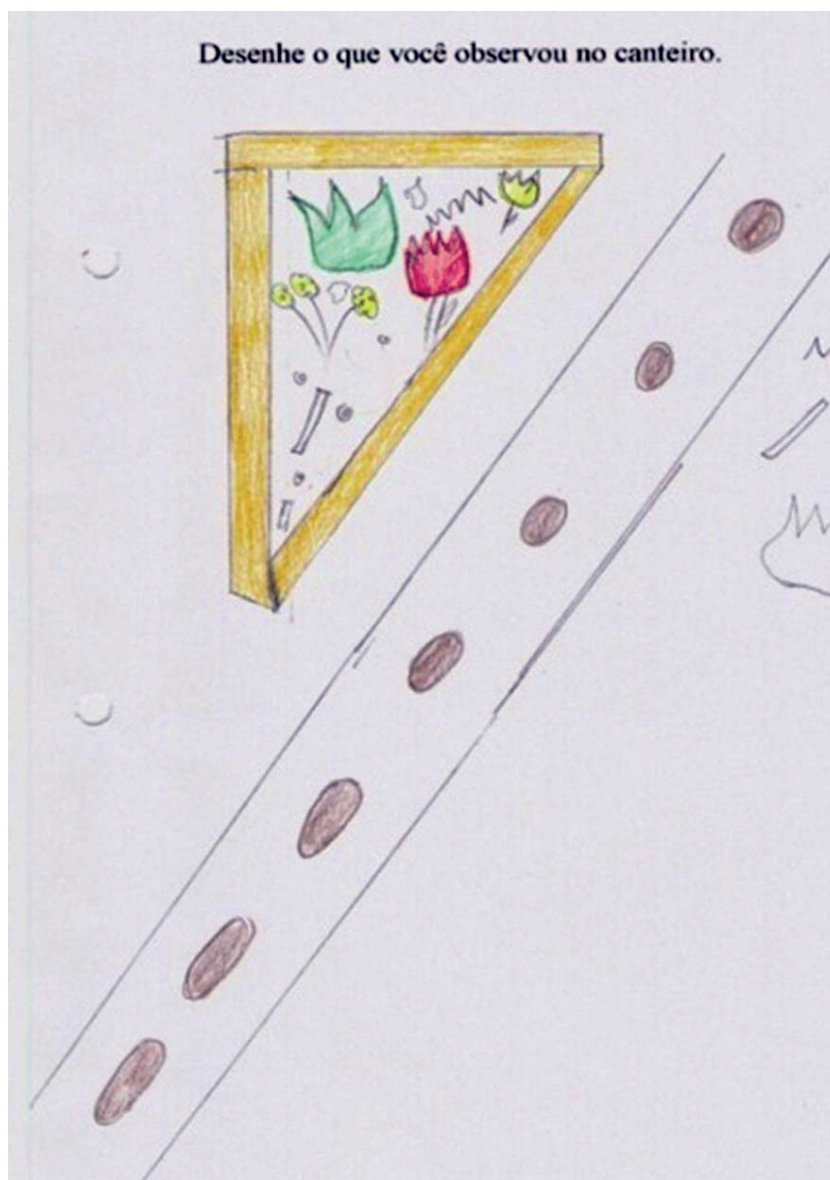



Figura 2: Percepção do Canteiro I (A7).

A representação do canteiro em forma de desenho possibilitou-nos a compreensão de como os alunos identificaram os aspectos do local experienciado, gerando interpretantes tendendo à simbolização por meio dos signos percebidos/relacionados. Segundo Peirce (1989), quanto maior atenção dada ao fenômeno, maior conexão e mais precisa será a sequência lógica do pensamento. Para ele, a apresentação do fenômeno diversas vezes, em diferentes ocasiões, faz com que a atenção seja despertada. Salienta que a atenção pode relembrar um pensamento e, consequentemente, ligá-lo a outro. A ligação da atenção e abstração favorece a formação do hábito de conduta.

Assim, as dimensões das espécies das plantas, o formato do canteiro e suas circunvizinhanças foram alguns dos conceitos matemáticos que os alunos ressignificaram por meio dessa atividade didática não verbal.

A fim de possibilitar sequências de percepções no canteiro, para que os alunos pudessem expressar novas percepções sobre o fenômeno, foram desenvolvidos alguns conceitos e habilidades matemáticas, que estavam subjacentes e deveriam ser trabalhados: a) identificar o formato do canteiro e das plantas; b) observar a área do canteiro com as suas plantas; c) relacionar o espaço entre as mudas no canteiro; d) determinar as fronteiras do canteiro; e) ler e escrever medidas de comprimento (m, dm e cm) comparando as mudas desde o seu estágio de germinação, crescimento e muda final; f) comparar os diferentes extratos das plantas do canteiro; g) saber anotar as aferições das mudas em tabelas de dupla entrada; h) interpretar os dados de crescimento das mudas dispostos em tabelas; i) compreender a importância do fator escalar para representação de objetos (espaços, plantas etc).

Segunda observação/representação do Canteiro I

O canteiro foi demarcado com barbante e estaca para que cada grupo recebesse um espaço para o plantio e garantisse a observação e aferição das mudas. Cada grupo escolheu um "território", que foi demarcado por uma bandeira numerada. A cada um dos grupos foram fornecidas dez sementes de feijão, de maneira que cinco delas deveriam ser plantadas em covas (com 2 cm de profundidade), em locais escolhidos pelos alunos. Outras cinco mudas deveriam ser "jogadas" entre as plantas existentes nessa região. Receberam também plaquetas numeradas, de um a dez, para localizar cada semente jogada e plantada. Após cinco meses de observação e controle das mudas, os alunos foram convidados a representar novamente o Canteiro I e seus impactos em desenho.

Nessa atividade (segunda percepção), os alunos se preocuparam em limitar a área observada representando-a em formato triangular, produzindo interpretante lógico em nível S-P/R/Conceitual. Notamos também que houve melhor percepção discente sobre o contexto analisado em se tratando das circunvizinhanças. Na primeira observação, tivemos uma aluna preocupada em relacionar o espaço com suas circunvizinhanças e, nesse momento, cinco alunos escreveram todas as fronteiras referentes ao espaço

observado, e sete outros localizaram a maior fronteira (o corredor) que dava acesso à horta. Quanto ao aspecto localização, como o canteiro havia sido subdividido em regiões, deparamo-nos com quatorze alunos que se preocuparam em representar as bandeiras que demarcavam as regiões escolhidas, e quinze alunos desenharam seus canteiros dividindo-o em regiões com segmentos de retas, localizando alguns feijões com bandeiras numeradas. As atividades de aferições dos comprimentos das mudas, no decorrer das semanas, poderiam ser uma das causas que levaram a maioria dos alunos a representar as plantas em diferentes extratos (23 alunos); sendo que, na primeira percepção, apenas oito alunos tinham atentado para esse conceito. Segue o desenho para ilustrar a análise apresentada.

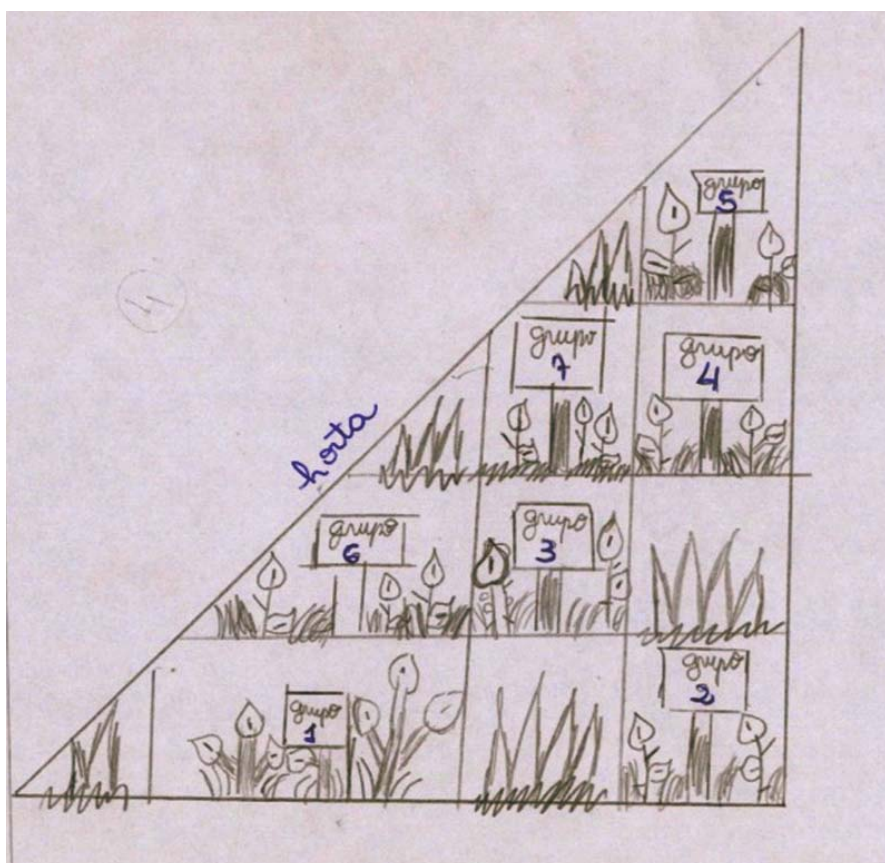



Figura 3: Representação pictórica do Canteiro 1 (A-4).

Observação/representação do Canteiro II

Um novo espaço, tendo o mesmo formato e mesma área, foi selecionado e demarcado como Canteiro II. Escolhemos essa área por conter uma

árvore de aproximadamente 17,3 m de altura e bem copada que impedia a luz do sol de atingir o solo, de maneira que ao seu redor poucas espécies conseguiam coexistir.

De posse de instrumentos de medida (fita métrica e régua), os alunos foram convidados a medir o contorno do canteiro, identificar as plantas existentes e aferir a altura de cada muda observada. Durante as ações propostas, os alunos emitiam interpretantes sobre a nova região observada:

A15 – *É um triângulo.*
A9 – *Igual ao outro nosso, mas tem pouca planta.*

No decorrer da aferição dos lados do Canteiro II, os alunos, usando a fita métrica, discutiam com colegas as dificuldades encontradas para resolver a situação proposta.

A 26 – *Vich! Deu mais grande! Precisa de mais uma fita.* [o lado do terreno aferido era maior que o comprimento da fita]. (A32) *É só marcar onde ela parou e depois somar 150 cm.* [solução proposta pelo aluno 32 diante da dificuldade apontada pelo colega].

Podemos perceber que a rede de relações sobre os conceitos estudados vai sendo configurada tanto em amplitude como em profundidade em decorrência das ideias geradas. As observações e informações sobre o novo espaço (Canteiro II) se entrelaçam com os conhecimentos preexistentes experienciados no Canteiro I. Desse modo, os interpretantes gerados sustentam a comparação conceitual entre as áreas quanto ao formato, medidas, quantidade de espécies existentes e seus aspectos.

A preocupação em desenhar a árvore foi unânime, porém, ao tentar representar o canteiro e a árvore em perspectiva, mostraram dificuldade. O conceito escalar também foi apontado nesse processo. Assim questionaram:

A16 – *Eu não consigo colocar a árvore dentro do meu canteiro. Não consigo colocar* [desenhar] *as linhas.*
A11 – *Dona, como eu vou colocar 4m na folha e a árvore?*

O desenho (fig. 4) a seguir ilustra as observações descritas acima.

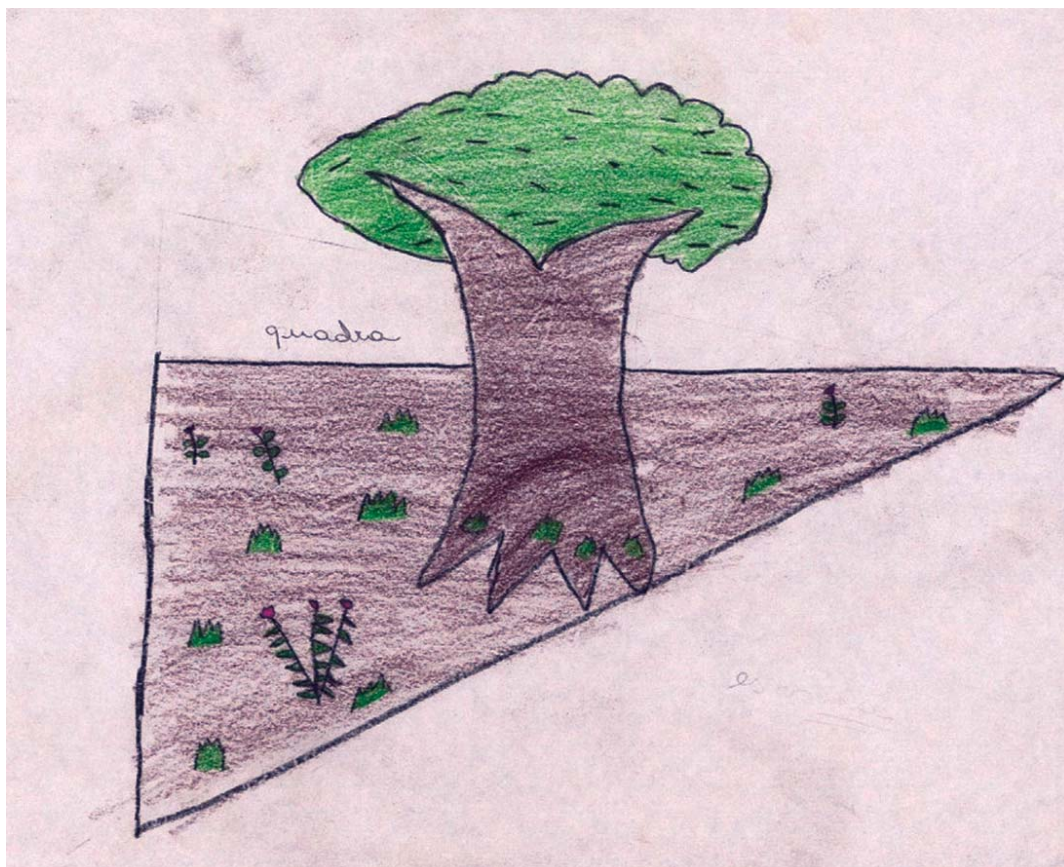



Figura 4: Representação pictórica do Canteiro II (A-15).

Analisando os desenhos dos alunos referentes ao Canteiro II, verificamos que todos eles construíram interpretantes tendendo à simbolização, em nível S-P/R/Conceituar. Preocuparam-se em representar os diferentes extratos das plantas observadas. A maioria dos alunos, apesar de expor suas dificuldades para representar o tamanho da árvore existente nesse espaço, conseguiu desenhá-la extrapolando a área delimitada do canteiro. As circunvizinhanças geraram outros conceitos que foram apontados pelos participantes em suas representações. O formato triangular do canteiro foi desenhado pela maioria. A preocupação em localizar a presença do sol no espaço do canteiro, mostrando a falta do sol na área delimitada para o Canteiro II, foi outro detalhe observado e analisado, como também grande quantidade de folhas secas, sementes no chão, mudas de plantas desenhadas entre as raízes da árvore, estacas (que firmavam a demarcação do canteiro) e outros seres vivos, além das plantas, foram representados.

O quadro 1 esboça a análise semiótica das representações dos alunos entre os dois espaços (Canteiros I e II).

Quadro 1

Conceitos geométricos Espaço	Representação pictórica dos Canteiros I e II pelos alunos			Representação da análise semiótica
	CANT. I 1ª observação (21/05/04)	CANT. I 2ª Observação (30/07/04)	CANT. II 1ª Observação (7/10/04)	
Representar o espaço do canteiro de forma linear sem limitar as fronteiras.	3 – 17 – 15 – 8 – 27 – 6 – 4 – 16 – 10 – 25 – 13 – 23 – 12 – 26 – 29 – 9 14 – 22 – 11 – 28 – 5 – 21 e 31	25 – 16 – 10 – 21 – 22 – 23 – 8 – 9 –15 – 23 – 2 – 28 – 24 – 25 e 26	10 – 31 – 9 – 26	S-Perceber/ Relacionar Int. tendendo à secundidade.
Representar o espaço do canteiro como uma região fechada em qualquer formato.	24 – 19 – 18		17 – 1 – 23 – 27 – 25 – 21 – 24	S-P/Relacionar Int. tendendo à secundidade.
Desenharam o espaço do canteiro com formato correto (triangular).	7	20 – 18 – 5 – 3 – 31 – 4 – 27 – 6 – 17	7 – 8 – 19 – 15 – 5 – 18 – 6 – 3 – 32 – 12 – 28 – 11 – 16 – 33 – 4 – 14 – 13 – 2 – 22 – 20	S-P/R/Conceituar Int. lógico tendendo à simbolização.
Representar a região escolhida delimitando-a.		5 – 11 – 12 – 17 – 19 – 7 – 14 – 13 – 30	todos	S-P/R/Conceituar Int. lógico tendendo à simbolização.

Conclusão

As ações de medir as espécies de plantas e comparar os espaços (Canteiros I e II) apresentados em formato triangular e em regiões quadriláteras (divisões do Canteiro I) possibilitaram o envolvimento dos alunos com essas formas. Consequentemente, as superfícies estudadas estimularam situações-problema pertinentes à localização, confrontos entre as áreas observadas e percepção de suas circunvizinhanças (fronteiras). Nas argumentações afirmadas durante as observações das regiões e nas suas representações pictóricas, pudemos verificar a familiaridade constituída com esses conceitos. Outro aspecto salientado é relativo às ações didáticas envolvendo a passagem das observações "reais" do Canteiro I e suas regiões para a ob-

servação e análise deste traduzidos em representações escalares. Isso garantiu uma perspectiva de continuidade de apreensão conceitual (localização e fronteira) em situações abstratas, porém contextualizada.

Na vertente do ensino e aprendizagem, destacamos como constituintes fundamentais:

- as representações por meio de desenhos, que expressaram as percepções dos partícipantes sobre os espaços experienciados, permitiu-nos identificar o crescimento conceitual dos aspectos geométricos e científicos das áreas pesquisadas;
- as ações pictóricas, durante a investigação do fenômeno, nos asseguraram recursos metodológicos e analíticos para a compreensão dos signos envolvendo a relação apresentação-representação do objeto;
- os conceitos de fronteira, localização e formas geométricas foram sendo relacionados em todas as observações e comparações dos espaços (Canteiros I e II) e favoreceram o reconhecimento das espécies e a explicitação dos aspectos das regiões exploradas (articulando as ações propostas);
- o reconhecimento das posições das espécies, atribuindo-lhes signos matemáticos, permitiu explicitar os aspectos das regiões, localizar e interpretar a relação de competição e coexistência entre os seres vivos, mostrando o uso da linguagem matemática pelos alunos para significar conhecimentos científicos;
- as atividades que compuseram a mediação entre o "real" e a representação deste se constituíram em estratégia metodológica, favorecendo a inserção da noção do conceito escalar, usado posteriormente na elaboração e significação da linguagem gráfica.

Peirce afirma que as diversas interpretações que uma mente produz sobre o objeto são geradas por relações sígnicas em busca da expressão mais fidedigna desse objeto. Para o autor, o máximo de significação produzida pela mente é decorrente das relações abdutivas/indutivas experienciadas. Desse modo, a produção de significados perpassa a cognição quanto à constituição de inferências abdutivas/indutivas/dedutivas. Pudemos analisar esse processo por meio das experiências realizadas sobre os fenômenos analisados (nos Canteiros I e II), o que possibilitou aos alunos, como vimos, a produção constante de interpretantes em níveis S-Perceber,Relacionar e Conceituar.

Referências bibliográficas

CALDEIRA, A. M. A. *Semiótica e a Relação Pensamento e Linguagem no Ensino de Ciências Naturais*. Tese (Livre Docência). 175f, 2004.

CUBERES, M. T. G.; DUHALDE, M. E. *Encontros Iniciais com a Matemática:* contribuições à educação infantil. Porto Alegre: Artmed, p.199, 1998.

DEWEY, J. *Democracia e Educação*: introdução à filosofia da educação. 4.ed. São Paulo: Ed. Nacional. p.395, 1979.

FAINGUELERNET, E. K. *Educação Matemática*: representação e construção em geometria. Porto Alegre: Artmed. p.225, 1999.

FLICK, U. *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Marata. p.322, 2004.

MACHADO, N. J. *Epistemologia e didática:* as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente. São Paulo: Cortez. 2002.

PAIS, L. C. *Uma Análise do Significado da Utilização de Recursos Didáticos no Ensino de Geometria*. pp.11-16, 2000. Disponível em: www.anped.org.br. Acesso em: 03 mar. 2005.

PEIRCE, C. S. *Escritos Coligidos*. Tradução: D'Oliveira, M. A.; Pomerangblum, S., 4 ed. São Paulo: Nova Cultura. 1974 – Os Pensadores, p.190.

________. *Semiótica e Filosofia*. Trad. Mota e Hegenberb. São Paulo: Cultrix. p.164, 1972.

________. *Semiótica*, São Paulo: Perspectiva. p.336, 2003.

________. *Collected Papers of Charles S. Peirce*. v.2, 3 e 5. Harstone and P. Weiss. Cambridge M. A. – The Belknap Press of Harvard University. 1974.

PIAGET, J. *Problemas de Psicologia genética*. Trad. Célia E. A Di Peiro, Rio de Janeiro: Ed. Forence. 1973

SILVEIRA, L. F. B. *Curso Introdutório de Semiótica*. 2002. (Apostila digitada)

9
As etapas do tempo crítico da psicanálise, o processo dialético e o perfil epistemológico: estratégias de ensino que podem subsidiar o pesquisador na avaliação do processo de aprendizagem

Moacir Pereira de Souza Filho[1,2]

Sérgio Luiz Bragatto Boss[3]

João José Caluzi[4]

Contextualizando o problema de pesquisa

As dificuldades na aquisição de conceitos científicos têm sido alvo de investigação na área de Ensino de Ciências, particularmente no ensino de Física (Furió e Guisasola, 1998a., 1998b., 1999; Guisasola, Almudí e Zubimendi, 2003; Martins, 2004; Boss, 2009; Souza Filho, 2009) e de Química (Posada, 1997; Mortimer, 2000). Assim, embora cada trabalho apresentado aborde um conceito em particular ou um tema de estudo específico, eles possuem um ponto de convergência: eles defendem certos paralelos existentes entre as dificuldades na aprendizagem desses conceitos e os problemas ocorridos na sua formação ao longo do processo histórico, advogando que essas dificuldades ocorrem tanto em nível *ontológico* quanto em nível

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Grupo de Pesquisa em Educação Científica. Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Departamento de Física Doutor pelo do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: moacir@fc.unesp.br.

3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Doutorando em Educação para a Ciência. E-mail: serginho@fc.unesp.br.

4 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Professor Assistente Douto do departamento de Física. E-mail: caluzi@fc.unesp.br.

epistemológico. Isto significa que o professor deve se conscientizar que as dificuldades inerentes ao processo de aprendizagem de conceitos científicos não advêm somente da complexidade dos fenômenos, mas também provêm do próprio sistema cognitivo do sujeito aprendiz.

Essas dificuldades, segundo Martins (2004), podem ser analisadas à luz das *concepções alternativas*. Na interpretação do autor, as concepções alternativas são expressões da existência daquilo que Bachelard (1996) denominou de *obstáculos epistemológicos* (Martins, 2004, p.38). O autor relata que alguns trabalhos na linha da investigação sobre as concepções alternativas mostram que o conhecimento elementar do aprendiz apresenta alguns esquemas de pensamento comuns que representam certas "tendências do pensar". Apenas para exemplificar, podemos dizer que: os estudantes possuem pensamentos dominados por aspectos óbvios da percepção sensorial e que contribuem para que o pensamento adquira algumas tendências para substancializar certas noções abstratas (Martins, 2004, p.36).

Martins (2004, p.37) apresenta um conjunto de características relativas às concepções alternativas e que convém destacar resumidamente, e como já enfatizamos, elas apresentam *paralelos com as concepções presentes na História da Ciência*; possuem um caráter *idiossincrático* de natureza eminentemente pessoal; são fortemente influenciadas pela *linguagem*, e o seu sentido, às vezes, difere da linguagem científica; por serem preconcepções, elas são *pouco consistentes* para o indivíduo que aprende; são estruturadas e possuem "certa dose" de *coerência interna*, sendo que os *erros* se mantêm solidários e se reforçam mutuamente e; existe a convivência entre diferentes concepções na estrutura cognitiva dos sujeitos. Essas características relativas às concepções alternativas nos permitem refletir sobre o processo de ensino e aprendizagem no campo da pedagogia e da didática.

O ensino dogmático-transmissivo, adotado principalmente na primeira metade do século passado, atribuía ao *erro* uma *conotação negativa*. Isto significa que o erro era encarado como "um mal" a ser evitado. Nessa vertente educacional, o professor era considerado o detentor do saber, e a responsabilidade pela ocorrência do erro no processo de aprendizagem recaía sobre o próprio aluno, que era repreendido pelo mestre por não ter aprendido corretamente a lição. A repetição exaustiva de exercícios era estratégia considerada eficaz para diminuir a ocorrência de erros no ambiente escolar (Santos, 2005, p.25-60; Torre, 2007, p.28).

O nosso trabalho defende uma concepção totalmente antagônica à anterior sobre o papel desempenhado pelo erro no processo de aprendizagem, atribuindo a ele uma *conotação positiva*. O conhecimento é um ato humano, e o *erro* é intrínseco ao processo de aprendizagem. Portanto, não há como dissociar os equívocos que os alunos comentem durante a aquisição de conceitos científicos do conhecimento socialmente acreditado. O *"erro"* é um passo obrigatório do conhecimento em direção a uma *"verdade"* a ser atingida, e a verdade, segundo Bachelard (2004), decorre da *retificação de erros sucessivos*. No entanto, ambos são relativos, ou seja, não há erros nem verdades absolutas. A *verdade* de hoje poderá ser o *erro* de amanhã (Santos, 2005, p.120).

Assim, uma das estratégias que adotamos neste trabalho de pesquisa foi considerar as *dificuldades* e as *concepções alternativas* que os alunos trazem consigo para o ambiente escolar. Nossa vertente processual se pautou na interação educador e educando em um processo *dialógico* e *dialético*. A dialética, neste caso, não tem o sentido de oposição, mas um sentido de "ajustamento" entre o *erro* e a *verdade*; entre a *razão* e a *experiência* que caminha para uma coerência racional.

Em relação ao caráter *idiossincrático* das concepções alternativas, pode-se dizer que nem todas as pessoas conhecem do mesmo modo. Cada indivíduo possui um passado peculiar, e a experiência vivenciada pela pessoa está inserida em sua própria cultura. Assim, conhecer o *perfil epistemológico* do aluno pode subsidiar o professor a avaliar o estágio particular da cultura do indivíduo e a refletir sobre sua própria ação pedagógica, redirecionando-a, se for o caso. O perfil epistemológico equivale, grosso modo, a gradações ou patamares do conhecimento que representam a evolução de um conceito na cultura do individuo.

Este capítulo apresenta alguns resultados de uma Tese de Doutorado em que o pesquisador utilizou o *processo dialético* e a noção de *perfil epistemológico,* atrelados a uma metodologia baseada nas *etapas dos tempos críticos da psicanálise* (conscientização, desestruturação e familiarização) que foram propostas por Santos (1998) e fundamentadas em Bachelard. Essas estratégias de ensino foram utilizadas em um curso de extensão universitária, ministrado aos alunos graduandos em Física da Unesp de Bauru. Esse curso abordou os principais tópicos do desenvolvimento histórico do eletromagnetismo clássico (Souza Filho, 2009). As estratégias se mostraram profícuas

na condução do trabalho em sala de aula. Os conceitos fundamentais e os resultados obtidos serão explicitados a seguir.

Uma breve recorrência histórica do conteúdo ministrado

Durante muito tempo, a *eletricidade* e o *magnetismo* foram considerados ramos de estudo distintos. Não havia evidências da relação existentes entre estes fenômenos.

Os povos antigos já sabiam que um minério denominado *magnetita* tinha propriedades de atrair objetos ferrosos e possuía uma propriedade diretiva. Analogamente, hoje em dia, sabemos que um ímã comum atrai para si objetos metálicos, e que dois imãs, além da propriedade de atração, também podem se repelir. Sabe-se também que a agulha de uma bússola aponta para determinadas direções do globo terrestre, pois se trata de um material magnético, e que a Terra se comporta como uma "espécie de ímã" gigantesco atuando sobre essa agulha.

Em relação à eletricidade, os povos primitivos sabiam que uma resina endurecida denominada *âmbar* também possuía propriedades atrativas, mas diferentemente da magnetita, essa resina só adquiria essa propriedade ao ser friccionada a outro material. Da mesma forma, hoje em dia, sabemos que uma caneta ou um pente atritado ao cabelo ou a um tecido adquire propriedades atrativas ou repulsivas. Mas será que existe uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos? E como essa relação ocorre? Isto era o que intrigava os cientistas no início do século XIX.

No final do século XVIII, Charles Augustin Coulomb (1736-1806) já havia demonstrado que a força elétrica e a magnética obedeciam à *lei do inverso do quadrado da distância*. Portanto, assim como a força gravitacional, a interação entre corpos elétricos e magnéticos era regida pelo princípio da ação e reação de Newton, obedecendo à teoria da *ação a distância* entre os corpos interagentes. Sumariamente, essa teoria concebia que a transmissão de força se dava "instantaneamente" na linha reta que une os corpos, sem a interveniência de um *meio* entre eles.

No ano de 1820, o cientista dinamarquês Hans Christian Ørsted (1777-1851) mostrou que um fio conduzindo uma corrente elétrica constante era

capaz de atuar sobre a agulha magnética de uma bússola colocada em suas proximidades. Para ele, havia uma espécie de "conflito elétrico" que atuava no fio e no espaço adjacente a ele. Michael Faraday (1791-1867) "viu" nas explicações de Ørsted linhas físicas de força magnética no entorno dos corpos atuantes. Mais tarde, o cientista James Clark Maxwell (1831-1879) desenvolveu matematicamente as ideias de Faraday por meio da sua *teoria de campo eletromagnético*. Uma grande contribuição de Maxwell foi sugerir que as ondas eletromagnéticas podiam viajar através do espaço na velocidade da luz, pois a luz nada mais é do que uma *onda eletromagnética*.

Considerando o sentido da palavra *campo* como o espaço entre os corpos elétricos ou magnéticos, a *teoria de campo* em seu início advogava a existência de um meio (*éter*) entre esses corpos. De acordo com essa teoria, essa transmissão de força ocorre por meio de vórtices e requer um tempo para que a sua ação ocorra.

Para Furió e Guisasola (1998a), a teoria de *ação a distância* e a teoria de *campo* podem ser consideradas dois estágios do *perfil epistemológico*, denominados *coulombiano* e *maxwelliano*, respectivamente. Essas regiões possuem diferentes ordens hierárquicas em que o estágio sucessivo tem um maior poder de explicação sobre o seu predecessor. Segundo os autores, as concepções da *ação a distância* e as noções da *teoria de campo* coexistem na mente do aprendiz, e, para eles, os estudantes não fazem uma distinção clara entre essas teorias. Desta forma, o aprendizado e o desenvolvimento humano podem ser entendidos basicamente como processos de construção, no qual a percepção individual exerce um papel fundamental na formação de conceitos.

A epistemologia de Bachelard e as noções de perfil epistemológico e dialética

Este trabalho está fundamentado na obra epistemológica de Gaston Bachelard (1884-1962). Bachelard viveu o período histórico revolucionário pelo qual passaram as Ciências Físicas (início do século XX). Além de ter sido um grande filósofo e epistemólogo, Bachelard dedicou longos anos de sua vida lecionando disciplinas científicas. Por isso, encontramos em sua obra epistemológica um forte vínculo entre a *História, a Filosofia e o Ensino de Ciências*.

Bachelard considera tanto o caráter *objetivo* quanto o aspecto *subjetivo* do conhecimento. Para ele, o primeiro se relaciona às leis que governam o nosso mundo e que a ciência estuda, e o segundo, a forma como sentimos, pensamos e conhecemos aquilo que está em nossa volta. Para o nosso autor, o conhecimento não está simplesmente nos dados apreendidos pela *sensação* ou *percepção* e, também não está apenas no *idealismo*, mas é fruto da reflexão do sujeito. E é exatamente no ponto central entre essas duas filosofias (*realismo* e *racionalismo*) que Bachelard coloca o seu ponto de vista. Para ele, o conhecimento é fruto tanto da *experiência* quanto da *razão*.

Para a epistemologia bachelardiana, a ciência não possui um ponto de partida nem um ponto de chegada, ou seja, o conhecimento científico possui um caráter inacabado. Portanto, para ele, não há erros ou verdades absolutas. Sendo assim, é por meio de um processo dialético[5] entre a *razão* e a *experiência*, entre o *erro* e a *verdade*, que decorre o conhecimento humano.

Para Bachelard, o desenvolvimento científico não ocorre de maneira linear e acumulativa como preconizava a filosofia tradicional, mas ele se desenvolve por *mudanças bruscas* ou *revoluções*, a exemplo do que aconteceu na Física, em que a mecânica de Einstein *rompe* com as noções de tempo e espaço absolutos da mecânica newtoniana. No seu livro *O Novo Espírito Científico* há outros exemplos aplicados à Física, Química e Matemática em que o conhecimento se desenvolve de maneira análoga. Em seu livro *Filosofia do não*, ele advoga que o pensamento novo diz *não* ao pensamento antigo. Ou seja, a nova forma de pensar difere da anterior, mas não em uma atitude de recusa, e sim em uma atitude de conciliação. Assim, em determinados contextos, a forma antiga de pensar ainda é válida.

Para Bachelard, uma simples posição filosófica não é suficiente para descrever as diferentes formas de raciocínio quando se tenta explicar um conceito. Sendo assim, as profundas transformações que a ciência sofreu no decorrer do processo evolutivo trouxeram como consequências um *pluralismo filosófico*. Martins (2004, p.26) observou que Bachelard "estrutura o progresso epistemológico da ciência, defendendo que existem certas 'fases' que se sucedem ao longo da evolução filosófica de um conhecimento par-

5 De forma bastante simplificada, trata-se de um "processo de ajustamento" ou uma "troca de informações" entre *teoria* e *experiência* ou entre o *erro* e a *verdade*, cuja função é reorganizar o saber.

ticular" e que elas caminham *hierarquizadas* para uma coerência racional. Assim, para estudarmos os diferentes níveis conceituais que um conceito apresentou durante sua história e para investigarmos as diferentes formas de pensar que as pessoas, no *contexto* escolar, veem e representam a realidade à sua volta, nós utilizamos aquilo que Bachelard (1991) denominou de "*perfil epistemológico*".

O perfil epistemológico é um esboço que representa as diversas concepções na obra do conhecimento. Portanto, acreditamos que a noção de perfil epistemológico seja apropriada para compreendermos o processo histórico e descrevermos o processo de ensino, uma vez que a representação do perfil é composta por zonas que estão relacionadas às perspectivas filosóficas específicas. Em síntese, o perfil epistemológico se presta ao estudo da maturidade filosófica de um único conceito ou para representar os *diversos pensamentos* na psicologia do espírito, sendo válido para examinar o estágio particular da cultura do indivíduo.

A *Figura 1* representa um esboço de um perfil epistemológico genérico composto por cinco regiões ou zonas. No eixo das *abscissas,* encontram-se dispostos as diferentes zonas do perfil. No eixo das *ordenadas,* a altura corresponde ao *status* que cada zona possui referente ao conceito, ou seja, o quanto ela representa para uma dada filosofia.

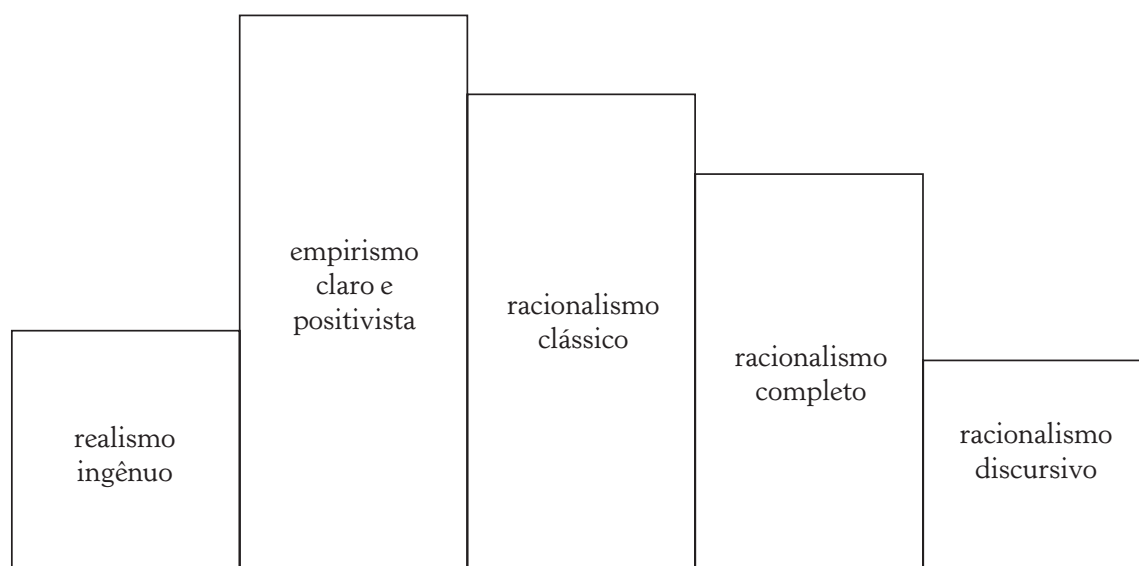



Figura 1: Exemplo de *perfil epistemológico* para um conceito genérico.

A altura de cada zona do perfil corresponde à extensão na qual essa "maneira de ver" está presente no pensamento do indivíduo. Quanto maior é uma determinada zona, mais intensa é essa característica no perfil como um todo. No entanto, é preciso cuidado ao se interpretar essa forma de representação, pois a altura de cada setor é uma aproximação qualitativa grosseira (Mortimer, 2000, p.75-7).

O perfil depende do *contexto,* pois é influenciado pelas experiências de cada indivíduo; e dependente também do *conteúdo,* pois existe uma representação distinta para cada conceito. O conhecimento se constitui a partir das relações que o sujeito estabelece com o *contexto* em que se insere e por meio das experiências vivenciadas. Visto que existem diferentes formas de ser, pensar e internalizar os saberes; as formas de aquisição e a formação dos conceitos possuem uma individualidade peculiar para cada aprendiz.

Logicamente seria pretensiosa demais nossa intenção se quiséssemos abordar todas as categorias ou zonas do perfil. Vamos trabalhar somente com as três primeiras zonas do perfil: *realismo ingênuo, empirismo e racionalismo clássico,* mesmo porque, como o próprio Bachelard (1991, p.47) adverte: "é raro que uma noção tenha um espectro completo. Existe ciência em que o racionalismo quase não existe. Existem outras que o realismo está quase eliminado".

- *O realismo ingênuo*

É sempre a primeira visão do objeto, o primeiro conhecimento. Pode ser entendido como o pensamento de senso comum apegado às metáforas da vida cotidiana. Neste estágio, a noção torna-se um conceito-obstáculo que bloqueia o próprio pensamento.

- *O empirismo*

Trata-se de um conhecimento pragmático. O conceito pode ser formulado baseado em experiências simples e na manipulação do objeto em estudo. Além disso, ele corresponde a um emprego relacionado à objetividade tátil ou instrumental, que ultrapassa a realidade imediata por meio de uma determinação objetiva precisa, com o uso de instrumentos de medidas, mas ainda não consta das relações racionais.

- *O racionalismo simples*

É o primeiro estágio em que a razão prevalece sobre o real. A noção representa mais um elemento primitivo de uma experiência imediata e direta, mas é fruto da razão, podendo, de acordo com o conceito, ser expresso algebricamente. Os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais.

Metodologia do trabalho de pesquisa

Trata-se de uma *pesquisa qualitativa* caracterizada pela *modalidade de campo* em que o pesquisador assume o papel de *observador participante*. Podemos defini-la como sendo uma *pesquisa-ação*. Tozoni-Reis (2007, p.31) nos ajuda a definir esse plano de investigação salientando que a pesquisa-ação "articula a produção de conhecimentos com a ação educativa", ou seja, por um lado ela investiga e produz conhecimento sobre a realidade a ser estudada e, por outro, realiza um processo educativo para o enfrentamento dessa mesma realidade. Neste sentido, existe uma articulação entre a teoria e a prática. Os participantes deixam de ser simplesmente "objetos de estudo" para se tornar pesquisadores do conhecimento sobre sua própria realidade. Assim, os integrantes da pesquisa "compartilham conhecimento que trazem de diferentes experiências sócio-históricas com o objetivo de promover, pela *ação-reflexão-ação*, transformações na realidade socioambiental que investigam" (Tozoni-Reis, 2007, p.32).

O trabalho efetivo em sala de aula consistiu de um curso de extensão universitária que foi denominado *Fundamentos Históricos do Eletromagnetismo*, cujo objetivo era reunir os estudantes graduandos do curso de licenciatura em Física, para um *grupo de estudos*. O curso foi ministrado no decorrer do ano letivo de 2006, com uma carga-horária de 60 horas/aula distribuídas quinzenalmente em vinte encontros com duração de 3 horas cada. Foram disponibilizadas inicialmente quinze vagas, que obedeceram rigorosamente à ordem de interesse pela matrícula. O "rol" de alunos da nossa amostra era composto somente por estudantes do sexo masculino com idades variando de 18 a 25 anos de idade, os quais cursavam o segundo ou terceiro ano do curso de licenciatura em Física da Unesp de Bauru.

O trabalho empírico para nossas análises consistiu basicamente em três fases: *coleta de dados, transcrição e organização dos dados* e *análise dos dados*.

A coleta se deu por meio de três questionários: o *primeiro* questionário foi aplicado no início do curso para que pudéssemos inferir sobre algumas concepções relativas aos conceitos e sobre as características do *perfil epistemológico* apresentadas pelos integrantes e, com isso, elaborar nosso cronograma de trabalho; o *segundo* e o *terceiro* questionário foram aplicados respectivamente no final de cada módulo proposto, ou seja, no final de cada semestre, como uma forma de sintetizar o conteúdo abordado e as ideias veiculadas (ver Apêndice).

O *Quadro 1* esquematiza a estrutura que seguimos para a análise dos dados. A estrutura da análise dos dados está baseada nas etapas do *tempo crítico da psicanálise* propostas por Santos (1998, p.202-25).

Quadro 1: Esquema da coleta e análise dos dados.

Questionário inicial — **conscientização**

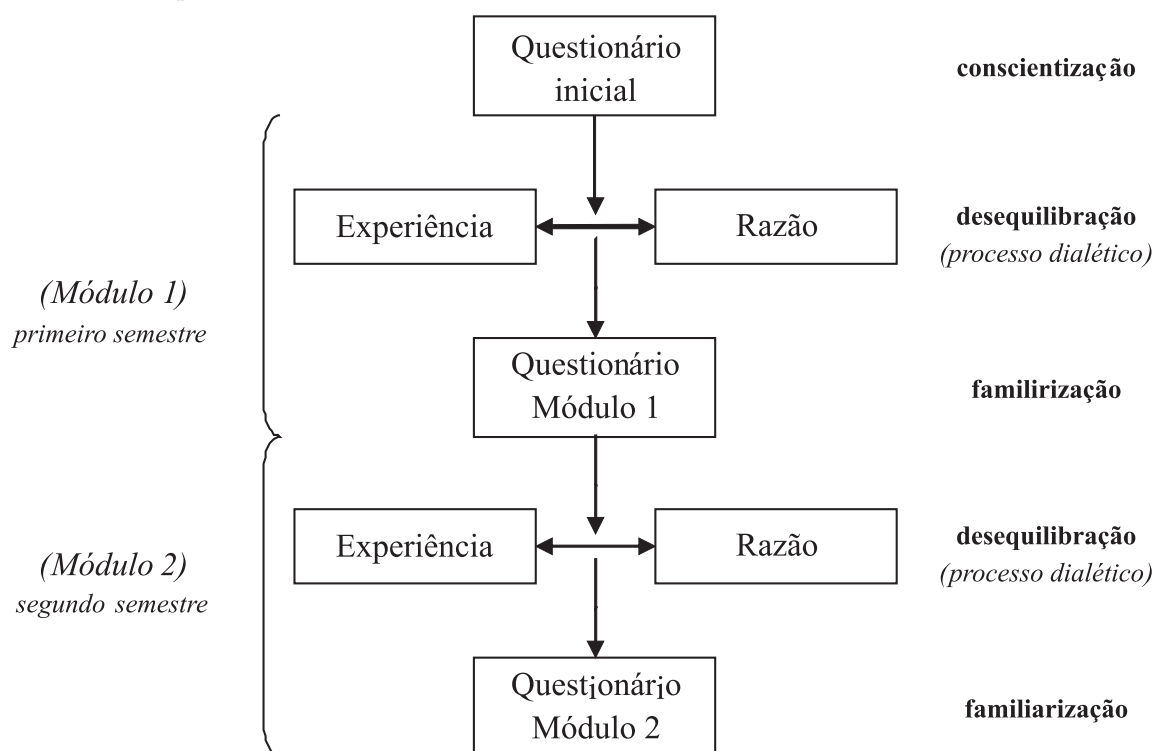
(Módulo 1)
primeiro semestre

Experiência ↔ Razão — **desequilibração** *(processo dialético)*

Questionário Módulo 1 — **familirização**

(Módulo 2)
segundo semestre

Experiência ↔ Razão — **desequilibração** *(processo dialético)*

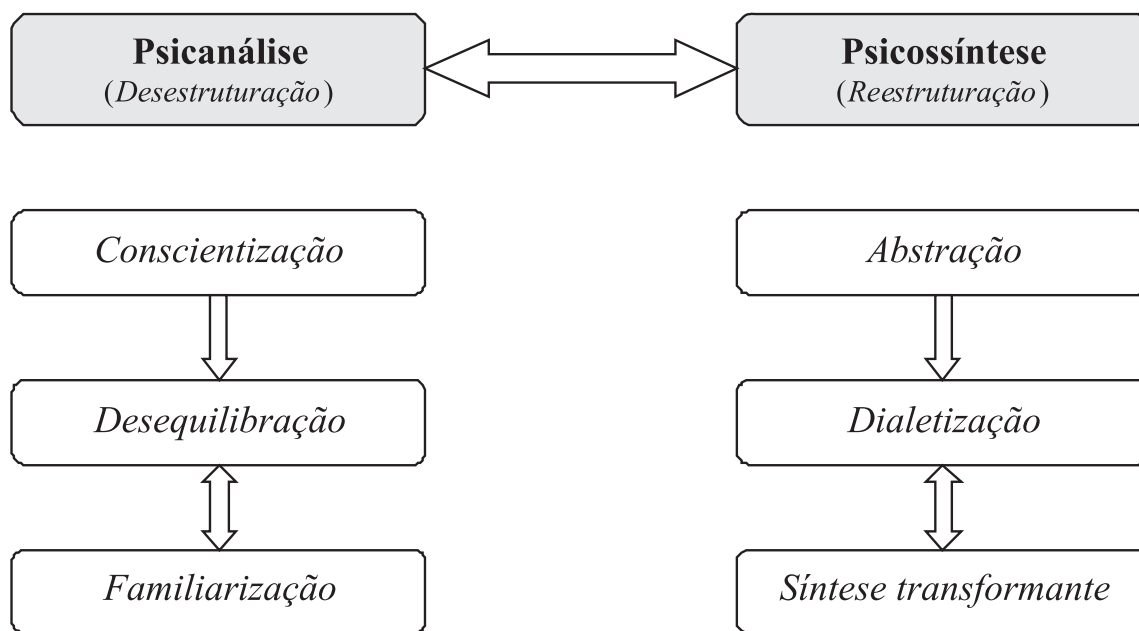
Questionário Módulo 2 — **familiarização**

As etapas do tempo da psicanálise estão divididas em *três tempos lógicos*: *conscientização*, *desequilibração* e *familiarização*. O primeiro questionário, que constitui o tempo da *conscientização*, foi elaborado a fim de que o aluno pudesse refletir sobre suas preconcepções e sobre suas certezas. Em cada

encontro realizado, nós selecionávamos e estudávamos um texto histórico cujo conteúdo versava sobre a história da eletricidade, do magnetismo e do eletromagnetismo clássico. Esses textos eram discutidos com os alunos. Na medida do possível, o pesquisador executava alguns experimentos geradores e desencadeadores dos processos cognitivos. As discussões realizadas durante o curso referem-se à etapa da *desequilibração,* caracterizada pela dialética entre o *erro* e a *verdade*; o *realismo* e *racionalismo.* Nessa etapa, as ideias veiculadas se confrontaram com os experimentos, e os experimentos forneceram subsídios para as reflexões teóricas. Finalmente, elaboramos na etapa da *familirização* dois questionários síntese, que foram aplicados no final de cada módulo (ver Apêndice).

As etapas do tempo crítico da psicanálise

Santos (1998, p.202-25), embasando suas análises pedagógicas no referencial bachelardiano, definiu esses tempos como uma *desestruturação* e uma *reestruturação* do saber, ou mais especificamente, no *tempo da psicanálise* e no *tempo da psicossíntese,* respectivamente. O *Quadro 2*[6] apresenta uma estrutura simplificada desses *tempos críticos* subdivididos em três *tempos lógicos*. Assim a psicanálise se subdivide em: *conscientização, desequilibração* e *familiarização*; enquanto que a psicossíntese se subdivide em: *abstração, dialetização* e na *síntese transformante*. Os tempos da *psicanálise* como estratégia de ensino têm por finalidade conscientizar o aluno das suas *dificuldades*, dos seus *obstáculos* e dos seus *erros*. O propósito da etapa da *psicossíntese* é reorganizar o pensamento por meio de uma dialética entre o conhecimento a ser ensinado e o conhecimento já superado. Visto que o nosso estudo está centrado nas estratégias da *psicanálise,* em que a *conscientização*, a *desequilibração* e a *familiarização* constituem etapas da nossa análise de dados, achamos por bem explicitar melhor esses tempos lógicos.

6 Podemos encontrar uma estrutura geral deste modelo de aprendizagem em Santos (1998, p.203). Esse quadro é apenas uma divisão simplificada dos tempos da *psicanálise* e da *psicossíntese*.

Quadro 2: Estrutura geral dos tempos críticos.

O próprio termo *conscientização* sugere o reconhecimento de que os conhecimentos que o aluno possui não são suficientes para explicar determinados fenômenos. Para isto, Santos (1998, p.212) recomendou que o professor propusesse atividades que encorajassem o aluno a invocar as suas ideias, explicitando-as ao professor e aos colegas, mas, acima de tudo, a si próprio. É fundamental que o aluno raciocine sobre suas concepções. Para isto, o professor deve disponibilizar a ele um tempo para reflexão. O educador deve explorar o significado do que está sendo dito, deixando o aprendiz usar seu vocabulário próprio, mesmo que ele apresente termos incorretos, para que possa guiar o diálogo e para conscientizá-lo de suas certezas. A interação entre os colegas e o registro gráfico são elementos pedagógicos relevantes com o intuito de facilitar o pensamento.

O tempo lógico da *desequilibração* consiste em uma etapa em que o aluno, após tomar consciência de seus obstáculos e desconfiar de suas certezas, começa a se afastar de seus conhecimentos iniciais, ou seja, das suas *concepções alternativas*. Isto se dá pelo confronto entre esses conhecimentos elementares com conhecimentos mais elaborados que advêm do professor ou dos colegas, em que o aluno busca as razões para a explicação de suas opiniões. As discussões permitem ao aluno se dar conta das divergências existentes entre as concepções e perceber que elas não são *verdades* absolutas. A *infirmação* das *concepções alternativas*, portanto, consiste em "introduzir

experiências que as questionem e as contradigam, questões críticas que as ponham em causa, contraexemplos, anomalias históricas, evidências teóricas e práticas reveladoras dos limites de seu campo de aplicação, contrastação experimental no sentido de falsificá-las, etc." (Santos, 1998, p.215). Em outras palavras, a *infirmação* caracteriza-se pela tomada da consciência do *"não"*. Segundo a autora, esse desequilíbrio levará à necessidade de procurar uma nova concepção. Esse conflito cognitivo interno tenderá a ser resolvido pela *familiarização*.

As estratégias de *familiarização* têm como propósito a introdução de novas ideias. Assim, é somente com a construção de novas ideias que se dá a ruptura entre os conhecimentos. Neste sentido, Santos (1998, p.216) comenta que "se algumas experimentações podem bastar, como estratégia, para *infirmar* ideias prévias, geralmente, não bastam para 'descobrir' a realidade escondida. Em regra, uma ideia combate-se com outra ideia". A autora aponta algumas condutas que permitiriam ao professor a implementação dessa estratégia em sala de aula, dentre as quais podemos apontar: proporcionar situações em que o aluno comente textos históricos, em que ele identifique conclusões e suporte ou justifique essas conclusões; situações em que o aluno sintetize várias opiniões em uma ideia, situações em que o recurso utilizando palavras com significados múltiplos dê oportunidades para a identificação do sentido em que estão sendo usadas etc.

Apresentação dos resultados

A etapa da *familiarização* pretende conhecer o perfil epistemológico que está sendo apresentado pelos alunos, a fim de que se possa compará-lo com o perfil apresentado no início do curso. Essa estratégia serve de subsídio para que possamos avaliar se houve ou não uma *alteração no perfil epistemológico* do aluno ao longo do curso proposto.

Como os dados que foram analisados por meio dos questionários: *inicial*, *módulo 1* e *módulo 2* (ver Apêndice). As respostas na íntegra e as fichas sínteses de análises podem ser consultadas em Souza Filho, 2009.

A *Tabela 1* e o *Gráfico 1* apresentam, em termos de porcentagens, as respostas dos alunos enquadradas nas diferentes zonas do *perfil epistemológico*. Inicialmente, analisamos o primeiro questionário, que foi respondido

no primeiro dia de aula; em seguida, o questionário referente ao *módulo 1* (final do primeiro semestre) e; finalmente, o questionário do *módulo 2* (final do curso).

Tabela 1: Zonas do *perfil epistemológico* (geral).

	Quest. 1 (%)	**Quest. M1 (%)**	**Quest. M2 (%)**
Não apresentou perfil definido	15	–	–
Senso comum (observação dos fenômenos)	25	5,5	5
Empirismo (por meio de experimentos)	30	42	33
Racionalismo (causas no mundo microscópico)	30	52,5	62

Podemos verificar que, inicialmente, alguns estudantes não apresentaram perfis definidos (15%) em suas respostas. Após os encerramentos dos módulos, todos os estudantes passaram a apresentar pelos menos uma das zonas do perfil. Em relação à categoria de *senso comum*, também tivemos uma queda em relação aos dado iniciais, que eram de 25% e caíram para 5,5% no *módulo 1* e 5% no *módulo 2*. Essas quedas demonstram que as ideias com *status* inferiores se tornaram mais evoluídas, ou seja, os integrantes do curso passaram a argumentar seus conhecimentos em um nível mais elevado de conhecimento. No caso do *empirismo*, que era inicialmente de 30%, notamos que houve um aumento dessa porcentagem no final do *módulo 1* (42%), pois nesse módulo as questões relacionadas a essa zona do perfil estiveram bem presentes. Em seguida, houve uma queda desse valor para 33%, ou seja, as explicações deixaram de ser baseada apenas nos experimentos e passaram a possuir uma explicação mais racional. O aumento gradativo (30%, 52,5% e 62%) é um bom indicativo, pois mostra que, de uma maneira geral, as discussões realizadas em sala de aula possibilitaram ao aluno ter uma visão de um conhecimento mais elaborado e sistematizado em relação aos fenômenos estudados. O Gráfico 1 sintetiza o que acabamos de relatar.

Podemos dizer que, embora nós tenhamos comparado respostas diferentes e o número de alunos participantes distintos em cada questionário, foi possível verificar que o *processo de dialético* entre *razão* e *experiência*, entre o *erro* e *verdade* contribuiu para que o aluno pudesse "construir" conceitos mais elaborados e vislumbrar novos conhecimentos a partir de suas próprias concepções.

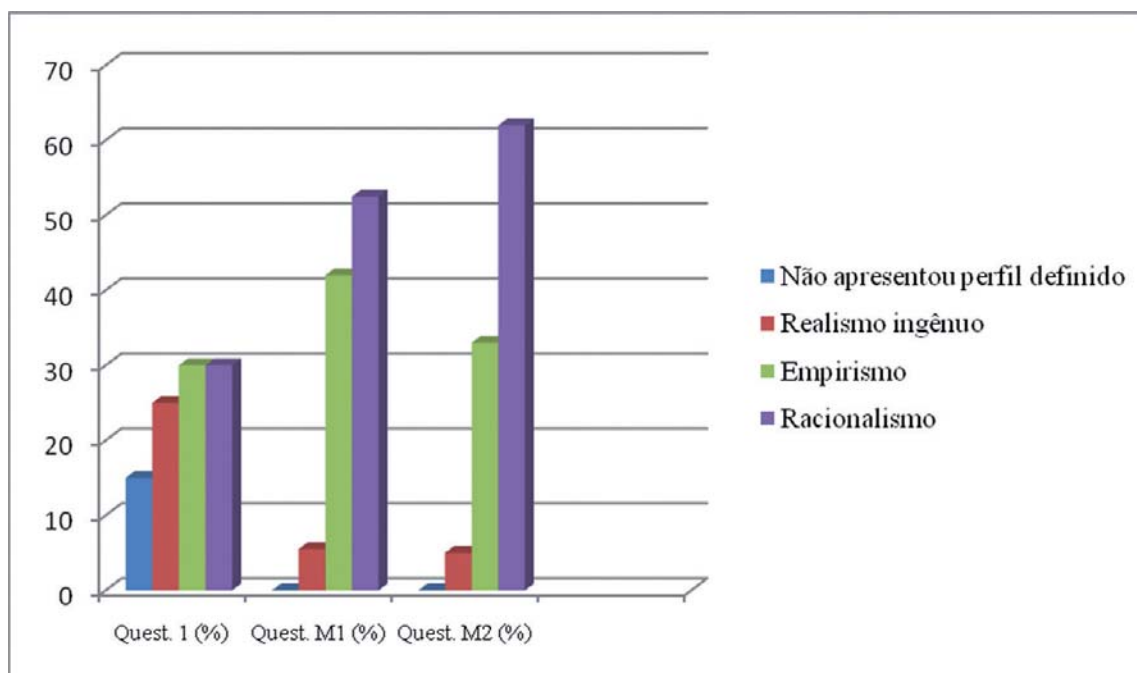



Gráfico 1: Zonas do *perfil epistemológico* (geral).

Considerações finais

Ao iniciarmos o nosso estudo, procuramos *conscientizar* os alunos que muitos dos conhecimentos que eles possuíam e trouxeram para o ambiente escolar não davam conta de explicar os fenômenos que eles "julgavam" conhecer. Trata-se da etapa denominada *conscientização*. O primeiro questionário mostrou que muitos alunos se defrontaram e relataram algumas "anomalias" em sua compreensão sobre o eletromagnetismo e sentiram necessidade de *reestruturar* seus conceitos.

A etapa da *desestruturação* consistiu no curso propriamente dito, em que a recorrência a História da Ciência por meio de textos históricos e experimentos subsidiaram o processo dialético entre o *erro* e a *verdade*; entre a *razão* e a *experiência*.

A última etapa do tempo crítico da psicanálise consistiu na *familiarização*. Depois de conscientizarmos os alunos de suas dúvidas e certezas, e após a utilização de situações potencialmente *desequilibradoras*, elaboramos os questionários (*módulo 1 e 2*) compostos de *quatro* e *três* questões (ver apêndice), respectivamente, que resgatavam suas concepções anteriores e as confrontavam com as concepções relacionadas à evolução histórica.

As etapas da metodologia adotada (*conscientização*, *desequilibração* e *familiarização*) nos possibilitaram explorar as concepções prévias dos alunos visando à construção de novas concepções. O processo de aprendizagem por meio de um processo dialético (*desequilibração*) se mostrou profícuo, visto que o perfil epistemológico dos alunos baseado nas concepções anteriores (*conscientização*), estava fortemente pautado pelas visões de senso comum e empirismo. Os questionários no final dos módulos (*familiarização*) sugeriram uma aquisição de uma região mais desenvolvida dentro da hierarquia do pensamento, em um racionalismo crescente.

Referências bibliográficas

BACHELARD, G. *A Filosofia do Não:* Filosofia do novo espírito científico. 5.ed. Lisboa: Editorial Presença, 135p, 1991.

________. *A Formação do espírito científico:* contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 3. reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 316p, 1996.

________. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. Rio de Janeiro: Contraponto, 318p, 2004.

BOSS, S. L. B. *Ensino de eletrostática: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores*. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

FURIÓ, C.; GUISASOLA, J. Difficulties in Learning the Concept of Electric Field. *Science Education*, v.82, n.4, pp.511-526, 1998a.

________. Dificultades de Aprendizaje de los Conceptos de Carga y de Campo Electrico em Estudiantes de Bachillerato y Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v.16, n.1, pp.131-146, 1998b.

________. Concepciones Alternativas y Dificultades de Aprendizaje en Electrostática. Selección de Cuestiones Elaboradas para su Detección y Tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, pp.441-452, 1999.

GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J. M.; ZUBIMENDI, J. L. Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitários em La teoria Del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.1, pp.79-94, 2003.

MARTINS, A. F. P. *Concepções dos estudantes acerca da noção de tempo*: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. 2004. 218f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

POSADA, J. M. Conceptions of High School Students Concerning the Internal Structure of Metals and Their Electric Conduction: Structure and Evolution. *Science Education*, v.81, n.4, pp.445-467, 1997.

SANTOS, M. E. V. M. *Mudança Conceptual na Sala de Aula:* Um desafio Pedagógico Epistemologicamente Fundamentado. 2.ed. Lisboa: Livros Horizonte, 238 p, 1998.

________. *Que educação?* 1.ed. Lisboa: SANTOSEDU, 138p, 2005.

SOUZA FILHO, M. P. *O erro em sala de aula*: subsídios para o ensino do eletromagnetismo. 2009. 229f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

TORONI-REIS, M. P. C. *Metodologia de Pesquisa Científica.* Curitiba: IESDE Brasil S. A. 136p, 2007.

TORRE, S. *Aprender com os erros:* o erro como estratégia de mudança. Porto Alegre: Artmed, 240p, 2007.

Apêndice

Questão inicial

Em sua opinião, existe relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos? Argumente sua resposta defendendo seu ponto de vista.

Questões – Módulo 1

Existe diferença entre a eletricidade produzida por atrito e a eletricidade produzida por uma pilha?

Você considera que o polo norte possui maior poder de atração que o polo sul?

Por que é possível conduzir a eletricidade e não é possível conduzir o magnetismo?

Existe relação entre eletricidade e magnetismo?

Questões – Módulo 2

O que você considera ser responsável por produzir o campo magnético ao redor do ímã? E ao redor de um fio conduzindo uma corrente elétrica? O que estas coisas têm em comum?

Diferencie as duas situações: O experimento de Ørsted e o experimento de Faraday.

Pode existir um campo elétrico sem um campo magnético? E o último sem o primeiro?

10
Uma estratégia de ensino inspirada em Lakatos com orientação racional por meio de uma reconstrução racional didática[1]

Osmar Henrique Moura da Silva[2]

Roberto Nard[3]

Carlos Eduardo Laburú[4]

Introdução

Uma estratégia de ensino inspirada em Lakatos (1978) foi inicialmente estruturada por Niaz (1998), sugerindo contribuições ao fornecer orientações para que um professor possa seguir quando interessado nesse tipo de estratégia. O presente estudo fundamenta-se no referencial lakatosiano para elaborar uma estratégia de ensino de conceitos científicos e, portanto, muito será aproveitado dessas orientações. A razão está na recomendação de Niaz (ibid., p.123) para que mais estudos avancem e fortaleçam sua estratégia de ensino lakatosiana antes que ela seja recomendada para o professor em sala de aula. E para caminhar nessa direção, será adotada aqui uma sequência de passos semelhante à de outra estratégia instrucional explícita (elaborada por Rowell, 1989).

O presente estudo, como síntese de um trabalho maior (Silva, 2008), tem como principal contribuição o desenvolvimento de uma orientação na

---

1 Um trabalho semelhante foi publicado na *Ensaio* (Pesquisa em Educação em Ciências), v.10, n.1, pp.9-22, jul. 2008.

2 UEL – Universidade Estadual de Londrina. Físico do Lab. de Instrumentação do Depto. de Física. Doutor em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista – Unesp. Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. E-mail: osmarh@uel.br.

3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/câmpus de Bauru. Professor Adjunto – Depto. de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: nardi@fc.unesp.br.

4 UEL – Universidade Estadual de Londrina. Docente do Departamento de Física. E-mail: laburu@uel.br.

qual se persegue o objetivo de se trabalhar a racionalidade[5] com os estudantes. Mais especificamente, para o caso do entendimento da aceitação de uma teoria científica, ao superar uma rival, como racional ou irracional, tem-se um problema filosófico de demarcação generalizada em que, conforme Lakatos (1978, p.169), a racionalidade está envolvida. Logo, sendo um tópico central em Filosofia da Ciência, Mathews (1994, p.93) afirma que a racionalidade é fundamental no Ensino de Ciências. Todavia, embora as estratégias de Niaz (1998) e Rowell (1989) busquem uma racionalidade nas discussões sobre os méritos e deméritos de concepções rivais (alternativas e científicas) em sala de aula para que haja a escolha da melhor, alguns autores como Villani et al. (1997, p.41) ressaltam que é ingenuidade supor algum modelo racional muito enraizado nos estudantes. Sem uma preparação, discussões racionais mais diretas para a escolha entre teorias, com inspiração filosófica implícita ou não, podem não alcançar êxito, conforme assinala Mathews (1994, p.86), por meio da seguinte analogia: "Estudantes que não tiveram uma preparação anterior para tal debate assemelham-se a

5 As teorias filosófico/epistemológicas acerca da racionalidade diferem no papel atribuído ao julgamento baseado em argumentação racional, em que a noção de regras tem sido um assunto de intenso escrutínio filosófico. Brown (1994, 2006) vem defendendo o modelo de julgamento de racionalidade de Reiner (1994) e Siegel (2004), ao passo que Siegel (ibid.) propõe um modelo híbrido de racionalidade. Não se pretende aqui aprofundar discussões teóricas nesse sentido, mas, ao se inspirar no critério racional (universal e atemporal – que será explicitado na seção da apresentação desta estratégia) latatosiano de avaliação e escolha entre programas de pesquisa rivais para auxiliar a educação racional de conceitos científicos, pode-se dizer que a estratégia aqui proposta tende para o modelo clássico de racionalidade. Por modelos clássicos de racionalidade entende-se o modelo adotado pelos neopositivistas e por Popper, em que a razão se apoia em regras atemporais e, em última instância, explicitáveis (Assis, 1993). É preciso dizer que, embora o modelo clássico de racionalidade tenha sido altamente criticado por desconsiderar o papel do julgamento na argumentação racional, a necessidade da conformidade com regras daquele modelo é resgatada no recente modelo híbrido de Siegel (2004, p.609). Isso porque ele admite que "*a racionalidade é satisfazer critério(s), é normativa pelo menos em certa extensão, e mostra o que é merecedor de convicção, ou decisão, ou ação*", e defende que a racionalidade é uma "*função de razões, critérios, consistência e (assim) regras*". Esse modelo de Siegel (ibid.) é discordante daqueles de teóricos como Govier (apud Siegel 2004), que, na defesa do modelo de julgamento de Brown (1994), entende que "*somente cumprir regras universais não é a racionalidade*". Desse impasse teórico, portanto, nada impede o entendimento de que o ensino racional seja aquele em que se estabeleça um aprimoramento do conhecimento de lógica (em que haja a conformidade com critérios e regras) nos alunos para auxiliá-los na maneira como eles aprendem os conteúdos científicos estudados.

uma criança da zona rural em sua primeira visita à cidade grande". Quer dizer, se uma criança encontra-se perdida em uma cidade grande por mal conhecê-la e não saber o caminho de casa, semelhantemente, um estudante encontra-se perdido em seu primeiro debate racional por mal perceber o rumo que uma conclusão tenha tomado.

No ensino das Ciências Naturais, de situações em sala de aula que partem de pontos de vista conceituais distintos para estabelecer um debate racional, uma conclusão (julgamento) sobre a superação teórica e/ou empírica de um deles somente é alcançada por consenso quando há a predominância de um critério pertinente. No entanto, critérios racionais para avaliação de concepções ou teorias científicas relacionam-se a sistemas de conhecimento específicos que são analisados filosoficamente, mais especificamente, pela Filosofia da Ciência. De acordo com Chalmers (2000, p.137), uma posição filosófica na Ciência é racionalista por estabelecer um critério universal e atemporal, com referência ao qual se podem avaliar os méritos relativos de teorias rivais[6]. Assim, não são critérios que os estudantes naturalmente carregam. Para que um estudante avalie concepções por um critério desejado no processo de ensino/aprendizagem, é preciso, primeiramente, que ele o conheça. Para isso, este trabalho elabora uma estratégia que busca exemplificar uma discussão racional por meio de uma história distorcida da Ciência em que o professor conduz os alunos à, inicialmente, entenderem um determinado critério, para que posteriormente utilizem em um dado contexto e também melhor acompanhem os caminhos que conduzem a uma decisão baseada naquele critério.

Preocupação não divulgada por Niaz (1998) e Rowell (1989), essa preparação parte da pressuposição de que as discussões iniciais destinadas a influenciar o aluno com certa racionalidade possam ajudar a aprendizagem de conceitos científicos em um posterior debate racional entre concepções rivais em classe. Ao visar melhor influenciar o aluno com determinada racionalidade, este trabalho propõe a Reconstrução Racional Didática como um passo importante da presente estratégia de ensino inspirada em Lakatos (1978), deixando-a sofisticada em relação às propostas formuladas por Niaz (1998) e Rowell (1989) nas quais ela se apoia.

6 O programa de pesquisa de Newton, por exemplo, contém em seu "núcleo" as três leis do movimento e a Lei da Gravitação Universal.

Referenciais teóricos

Abaixo são sinteticamente discutidos alguns aspectos do referencial lakatosiano assim como, relacionados a ele, alguns aspectos pedagógico-epistemológicos das duas estratégias racionais de ensino comentadas na introdução e que servem de base a este estudo.

A epistemologia e o conceito de reconstrução racional da história das Ciências de Imre Lakatos

Epistemologicamente, Lakatos (1978) define uma metodologia dos programas de pesquisa científica na qual as teorias não são elementos isolados, mas pertencentes a um determinado programa de pesquisa. Este é caracterizado por regras metodológicas: "*algumas nos dizem quais são os caminhos de pesquisa que devem ser evitados (heurística negativa), outras nos dizem quais são os caminhos que devem ser palmilhados (heurística positiva)*" (ibid., p.47). A heurística negativa especifica o "núcleo" do programa[7], considerado irrefutável por decisão metodológica dos seus protagonistas. A heurística positiva especifica o "cinto de proteção", considerado refutável. Pode-se modificar e sofisticar o cinto de proteção como, por consequência disso, salvaguardar o cientista de ficar sem rumo em um oceano de anomalias. Os cientistas assim desenvolvem, em um programa de pesquisa, uma cadeia de modelos, cada vez mais complicados, que simulam a realidade ao mesmo tempo em que passam a ignorar os dados disponíveis (contraexemplos reais) que surgem, chegando, em alguns casos, durante o desenvolvimento dos modelos, a antecipá-los. Com essas características, é somente quando o cinturão de hipóteses auxiliares enfraquece que se pode dar maior atenção aos dados anômalos. Portanto, em função da existência de cinturões protetores, as teorias nucleares são preservadas de refutações, resguardadas nos programas de pesquisa. E para o caso das revoluções científicas, há uma razão objetiva que, segundo Lakatos, acontece quando um programa de pesquisa supera um rival (refutando sua heurística: núcleo e cinturão pro-

7 Capacidade de um programa de pesquisa em antecipar teoricamente fatos novos, como, também, recém interpretados em seu crescimento. É interessante dizer que um fato novo pode ser um fato improvável, ou mesmo proibido por outra teoria rival (ibid., p.32).

tetor) por meio de demonstrações de força heurística[8]. Embora essa refutação não seja um processo instantâneo, historicamente pode-se verificar a vitória de um programa de pesquisa ao explicar o êxito anterior de seu rival e demonstrar um acréscimo de força heurística. Sendo assim, somente por meio de uma longa visão retrospectiva é que se denomina uma experiência de "crucial". Isto é, quando um programa de pesquisa, assim chamado progressivo ao possuir um excesso de conteúdo empírico comparativamente com outro (então degenerativo), possui uma corroboração de seu conteúdo empírico adicional. Um aspecto interessante no caso da degeneração de um programa está no sinal típico da proliferação de fatos contraditórios que ele apresenta. Mesmo que nenhum "equivoco experimental" seja cometido, é possível conseguir, ao se usar uma teoria falsa como teoria interpretativa, proposições fatuais contraditórias, resultados experimentais incongruentes (ibid., p.77). Para exemplificar essa situação, ele comenta que Michelson, mantendo-se fiel ao éter até o fim, e frustrou-se pela incompatibilidade dos fatos que obteve por intermédio das suas precisas mensurações. Em 1887, uma experiência de Michelson "mostrava" que não havia vento de éter sobre a superfície da Terra, enquanto a aberração "mostrava" que havia. Além do que, sua experiência de 1925 também "mostrava" que havia.

Já para o conceito de reconstrução racional da história das Ciências, Lakatos afirma que a Filosofia da Ciência oferece metodologias normativas nas quais o historiador reconstrói a "história interna"[9] de modo a dar uma explicação racional do desenvolvimento do conhecimento científico[10]. O indutivismo, por exemplo, é uma das mais influentes metodologias da Ciência. O indutivismo só admite, como pertencentes ao corpo da Ciência, enunciados que descrevem fatos puros ou infalíveis generalizações

8 Para Lakatos (ibid., p.118), a história interna ou reconstrução racional prevalece sobre a história externa porque a maioria dos problemas importantes da história externa se define mediante a história interna.

9 Lakatos afirma que um dos mais interessantes problemas da história externa é especificar as condições psicológicas e, certamente, sociais que são necessárias para tornar possível o progresso científico. No entanto, ele critica que elas nunca são suficientes, pelo fato de que na simples formulação do problema "externo" é preciso que se inclua alguma teoria metodológica, alguma definição de ciência. Assim, a história da Ciência é uma história de acontecimentos que são selecionados e interpretados de uma maneira normativa.

10 Apresentada em seguida.

indutivas a partir destes. Por essa metodologia, um enunciado científico somente é aceito por demonstrações convincentes e indiscutíveis, do contrário, o indutivista o rejeita. Desse modo, um historiador indutivista não admite mais que dois tipos de descobrimentos científicos genuínos: os enunciados fáticos puros e as generalizações indutivas. Apenas estes dois tipos constituem a coluna vertebral de sua história interna. Quando escreve a história, o historiador indutivista busca esses tipos de descobrimentos científicos; encontrá-los é outra questão. De modo similar, um historiador popperiano buscaria grandes e "arriscadas" teorias falseáveis e importantes experimentos cruciais negativos. Já pela metodologia dos programas de pesquisa científica de Lakatos, um historiador buscaria programas de pesquisa que podem ser avaliados em termos de mudanças progressivas e degenerativas de problemas, e interpretaria as revoluções científicas como eventos nos quais um programa de pesquisa passa a suceder outro (superando-o em progresso). Consequentemente, cada reconstrução racional revela seu modelo característico do desenvolvimento racional do conhecimento científico (ibid., p.118). Logo, é sempre possível mostrar como uma metodologia pode influenciar a seleção de determinados fatos em lugar de outros, sendo suas interpretações ocorridas por alguma inclinação teórica. Desse modo, como todo estudo histórico deve ser precedido de um estudo heurístico, Lakatos caracteriza esse procedimento para redigir um estudo de um caso histórico adotando as seguintes condições: 1) faz-se uma reconstrução racional; 2) tenta-se cotejar essa reconstrução racional com a história real e criticar tanto a reconstrução racional por falta de historicidade quanto a história real por falta de racionalidade (ibid., p.52-53).

Tais condições talvez estejam na parte mais controversa das ideias de Lakatos devido à consequente "liberdade" com que muitos enunciados podem ser adaptados em uma reconstrução racional de um episódio histórico. Um exemplo refere-se à reconstrução racional do programa de Bohr. Nela, Lakatos sugere que se pode atribuir a ideia de giro do elétron corretamente a Bohr em 1913. O interessante é que mesmo pelo fato de seguramente saber que Bohr era bastante céptico da ideia de giro ainda em 1925, Lakatos afirma que essa ideia era compatível com o programa de pesquisa implicado pelo átomo de Bohr. Apesar de Bohr não ter pensado nisto (ou ao menos deixado explícito), Lakatos destaca que essa é uma reconstrução racional e

que, nesse sentido, "alguns enunciados não devem ser tomados com uma pitada, senão com toneladas de sal" (ibid., p.55). Ao construir a história interna, portanto, o historiador é altamente seletivo por "omitir tudo o que é irracional à luz de sua teoria da racionalidade" (ibid., p.119). Porém, a história interna não é somente uma seleção de fatos interpretados metodologicamente. Segundo Lakatos (ibid, p.119.), "também há ocasiões em que pode ser uma versão radicalmente melhorada destes", como é o caso do programa de Bohr acima discutido.

Niaz (1998) e Rowell (1989): aspectos pedagógico-epistemológicos de apoio

Uma estratégia de ensino fundamentada na epistemologia de Lakatos (1978) foi estruturada por Niaz (1998) em uma ocasião em que se buscou facilitar a mudança conceitual dos estudantes no tema equilíbrio químico. Nessa proposta, o levantamento das concepções alternativas dos estudantes é o ponto de partida, admitindo essas estruturas como se fossem programas de pesquisa. Dessa forma, a comparação permite que essas estruturas ou "programas" tornem-se candidatas à mudança, uma vez que a complexidade cognitiva das convicções nucleares pode ser quebrada por uma série de questionamentos. Isso pode ser facilitado quando são distinguidas as concepções nucleares, mais resistentes à mudança que outras explicações. Enquanto essas explicações nucleares dos estudantes oferecem resistências em suas convicções por criarem "hipóteses auxiliares" para defendê-las, as "hipóteses ou explicações auxiliares" podem prover pistas e direções para a construção de novas táticas de ensino. Isto significa não considerar as concepções alternativas como erradas, mas como modelos semelhantes aos usados pelos cientistas para simplificar a complexidade de um problema. Assim, as concepções devem ser consideradas como "teorias" que competem com as teorias científicas e, às vezes, recapitulam teorias científicas do passado (ibid., p.122-123).

Todavia, entende-se aqui que as orientações acima ainda são muito gerais. Para facilitar a prática de um educador que mantém ressonância com suas orientações, este trabalho busca um caminho semelhante ao de Rowell (1989). Esse autor estruturou uma estratégia instrucional explícita que consiste basicamente de cinco passos fundamentados em um construtivismo

piagetiano. Um aspecto importante de sua sequência é que ela inicia com o levantamento das concepções alternativas, que são então guardadas pelo professor e, só depois da construção das concepções científicas, são apresentadas aos alunos para a realização de comparações entre os méritos e deméritos das teorias rivais para que haja a escolha da melhor. Essa sequência de passos foi influenciada pela Filosofia da Ciência contemporânea, conforme especificado no primeiro parágrafo desta seção. Dessa última estratégia é preciso mencionar que, com exceção do referencial piagetiano, a aqui proposta utilizará uma sequência de passos semelhante, mas inserindo uma história distorcida da Ciência com visão filosófica implícita inspirada em Lakatos. O diferencial metodológico, portanto, é a explicitação de procedimentos destinados a preparar o aluno para envolvê-lo com a racionalidade das discussões por meio de uma reconstrução racional didática da História da Ciência. A próxima seção ocupa-se dessa forma de inserir a história distorcida da Ciência no ensino da Física.

Reconstrução Racional Didática: uma orientação para auxiliar o aprendizado dos estudantes em debates racionais entre concepções alternativas e científicas

Propõe-se aqui como Reconstrução Racional Didática (RRD) o uso da HFC como um ponto de partida para desenvolver e projetar soluções didáticas satisfatórias (Mäntylä e Koponen, 2007), que podem ser entendidas como reconstruções didáticas para auxiliar o ensino de conceitos científicos (Izquierdo-Aymerich e Adúriz-Bravo, 2003). Nesse sentido, a História e Filosofia da Ciência são usadas como recursos, pois a intenção não é obter reconstruções históricas completamente autênticas. Ao invés disso, de acordo com Mäntylä e Koponen (2007, p.292), "*a história é interpretada do ponto de vista de concepções modernas, porque a meta, afinal de contas, é ensinar física, não a história da física*". O pensamento de que o conhecimento científico escolarizado atual deve ser a meta do processo de ensino e de aprendizagem, estando acima do ponto de vista de um ensino historicamente autêntico, tem sido amplamente defendido no Ensino de Ciências (Mäntylä & Koponen, 2007, p.297-298; Feyerabend apud Pereira & Amador, 2007, p.193; Valente, 2005, p.4; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-

Bravo, 2003, p.29; Niaz & Rodríguez, 2002, p.62; Dobson, 2000, p.1). No entanto, é preciso dizer que a RRD procura manter um compromisso com alguns detalhes históricos que se encontram divulgados na literatura, como, por exemplo, as concepções dominantes, as atividades experimentais e os principais protagonistas.

Conforme Lakatos (1978), a reconstrução de um episódio histórico por inspiração em uma Filosofia da Ciência deve obedecer a certas metodologias normativas pelas quais é possível oferecer uma explicação racional do desenvolvimento do conhecimento científico. Na elaboração de uma RRD, portanto, é necessário omitir tudo o que é irracional diante da teoria da racionalidade adotada, selecionando fatos que são metodologicamente interpretados. Mais ainda, é possível adaptar comentários compatíveis com os programas científicos rivais nessa elaboração, como a "pitada de sal" no sentido lakatosiano que se exemplificou no caso do programa de Bohr. Assim, a RRD que aqui se propõe elaborar com fins instrucionais obedece aos seguintes aspectos:

A presença de duas ou mais teorias em um mesmo campo científico é, em geral, a situação que antecede e desencadeia as mudanças científicas. Perante isso, à medida que os cientistas se veem diante de um novo sistema teórico alternativo e, em grande parte, incompatível com o primeiro, a partir do qual em um passado mais ou menos remoto seus campos de pesquisa fundamentaram e desenvolveram-se, é certo que a escolha por algum desses sistemas sempre ocorre por uma avaliação mediante determinados critérios. Desse entendimento, a História da Ciência deve conter pelo menos duas posições teóricas rivais e sucessivas, caracterizando os critérios que influenciaram a aceitação da sucessora;

Os postulados que constituem o núcleo de uma teoria devem ser apresentados como difíceis de serem refutados, pois neles os cientistas depositam grande confiança;

Devem-se estabelecer contraexemplos que caracterizem as dificuldades teóricas. Por meio de tais dificuldades, apresentar o surgimento de hipóteses auxiliares que devem ser entendidas como tentativas para se obter sucesso, mantendo as concepções nucleares intactas;

A avaliação teórica não ocorre entre a teoria e a experiência, sendo esta última juíza para a primeira, mas com testes entre pelo menos duas teorias e a experiência. Assim, somente após o surgimento de uma teoria rival su-

cessora que explique o êxito de sua rival e a suplante por uma demonstração adicional de força heurística é que se verifica a superação de uma teoria por outra.

Como as estratégias de Niaz (1998) e Rowell (1989) valorizam a aprendizagem racional dos conceitos científicos, é importante ressaltar que a RRD deste estudo é incorporada como um passo específico de uma estratégia de ensino inspirada em Lakatos (1978), em que uma racionalidade esteja presente. Dessa forma, conforme já mencionado, uma primeira discussão racional pela RRD, fundamentada na racionalidade deste modelo de reconstrução racional, pode vir a auxiliar o estudante a melhor acompanhar um posterior debate igualmente racional entre concepções alternativas e científicas.

Uma nova estratégia de ensino inspirada em Lakatos (1978)

Lakatos (1978) estabelece critérios para analisar e concluir quando um programa de pesquisa se torna progressivo ou degenerativo em comparação a um rival. Uma vez compreendido o arcabouço teórico e empírico de ambos os programas, ao julgar seus méritos relativos, é comum que tais critérios de escolha façam com que o programa degenerativo ceda seu espaço para um rival mais progressivo. Por analogia, essa estratégia baseia-se na transposição do critério de escolha racional lakatosiano para o ambiente de sala de aula em momentos de instrução dos conceitos científicos. Ou seja, sempre que se crie uma dinâmica de discussões sobre as explicações e previsões das teorias, acredita-se que isso possa ser uma ferramenta que auxilie a aceitação dos novos conceitos pelos alunos (como em Niaz, 1998, e Rowell, 1989). Outras pesquisas (Laburú et al., 1998; Laburú & Niaz, 2002) já apontavam para essa direção ao afirmar a possibilidade das concepções alternativas serem classificadas em programas alternativos que competem em termos explicativos com as rivais que o professor pretende ensinar, classificadas como programas científicos. Nesses últimos casos, um paralelismo foi estruturado a partir das heurísticas negativa (destinadas à preservação do núcleo do programa) e positiva (cinturão de hipóteses auxiliares). Uma aproximação mais completa sugere a estratégia de se seguir,

por analogia, o critério de eliminação de teorias proposto por Lakatos, que diz que uma razão objetiva para uma escolha entre programas de pesquisa é proporcionada por um programa que explica o êxito anterior de seu concorrente e o suplanta por uma demonstração adicional de força heurística (Lakatos 1978, p.191). Lakatos (ibid., p.202) comenta que um sinal típico de degeneração de um programa é a proliferação de "fatos contraditórios" que podem se originar de resultados experimentais incongruentes com as previsões e modelos derivados do programa. Assim, a presente proposta admite, juntamente com as orientações de Niaz (1998), uma analogia geral entre a metodologia dos programas de pesquisa científica de Lakatos e uma metodologia das concepções alternativas dos alunos diante das científicas.

De maneira mais objetiva do que faz Niaz (ibid.) e com a inserção da RRD, apresenta-se abaixo a sequência de passos da presente estratégia de ensino:

- Passo 1: revelar as concepções alternativas dos alunos em determinado conteúdo para encará-las como se fossem "programas". Isso pode ser feito de várias maneiras, como avaliações usando questionários, questões orais e discussões em grupo, dentre outras. Essas concepções devem ser registradas pelo professor e ser usadas somente no passo 5.
- Passo 2: apresentar duas teorias científicas rivais, preferivelmente, de modo a incluir aquela que se pretende ensinar. Discutir com os alunos os postulados (núcleo) de cada teoria e analisar as diferenças explicativas para certos fenômenos. Neste passo, é interessante que o professor escolha os fenômenos que ambas as teorias explicam, para que inicialmente os alunos as vejam igualmente fortalecidas. O objetivo aqui é tornar inteligível tanto a teoria científica atual como a teoria científica antecessora.
- Passo 3: avaliar as inteligibilidades alcançadas no passo anterior. Isso pode ser feito por meio de uma folha com questões relativas ao assunto entregue ao aluno. Obviamente que o passo 2 deve ser bem trabalhado com os alunos para que um nível satisfatório das inteligibilidades seja alcançado para dar continuidade aos próximos passos.
- Passo 4: apresentar a RRD para os alunos. Nessas discussões históricas, também é possível reforçar as inteligibilidades das teorias cien-

tíficas, mas o principal interesse é que as discussões de superação de uma teoria frente a uma rival sejam direcionadas pela racionalidade inspirada nos critérios do falseacionismo lakatosiano, intencionadas em fortalecer o entendimento do estudante de tal racionalidade. Nesse sentido, ao realizar previsões de fenômenos com ambas as teorias, o estudo deve alcançar uma interpretação da proliferação de fatos contraditórios à teoria científica antecessora. Isso por estabelecer fenômenos cujas interpretações permitem contradições com aquelas em que essa teoria foi vista fortalecida no passo 2. Já para a teoria científica atual não há essa proliferação. Logo, analogamente, procura-se provocar um entendimento de degeneração (enfraquecimento) de uma teoria frente a uma rival, fundamentando-se no critério do grau de explicações sem contradição. Uma maneira prática é estabelecer leituras da RRD para discussão.

- Passo 5: da mesma forma como se conduziu racionalmente a discussão pela RRD, agora se inicia a discussão racional entre concepções alternativas e a teoria científica que foi vencedora no passo anterior. Essa racionalidade tem a pretensão de orientar a aceitação de novas concepções. Para isso, neste passo o professor apenas resgata e apresenta aos alunos quais concepções alternativas foram encontradas no passo 1 e as compara com a teoria científica, então inteligível. Realizam-se confrontos entre as explicações e previsões que as concepções alternativas e a teoria científica fazem sobre os fenômenos, buscando clarear as interpretações de ambas.
- Passo 6: em consequência do passo 5, aqui é importante estabelecer uma insatisfação com o programa alternativo da mesma forma como se tentou com o programa degenerativo da RRD no passo 4. A anomalia emerge quando, na resolução de um determinado problema científico por meio da teoria aceita, surge uma dificuldade conceitual ou empírica que outra teoria não manifesta. Esta última, então, tornase candidata natural à aceitação pela comunidade científica. Segundo Villani et al. (1997, p.40), na aprendizagem, a anomalia gera insatisfação em relação ao senso comum e se manifesta quando tais concepções não conseguem dar conta do objetivo do estudante, mas as do conhecimento científico conseguem. Para que as comparações entre as teorias, então esclarecidas, continuem sendo realizadas, pode existir uma

alternância entre momentos de diálogos e outros mais de transmissão direta do conhecimento. Como as experiências são cruciais para provocar conflitos cognitivos e controvérsias e que, dependendo da intervenção racional do educador e estando uma vez inteligível o programa científico, é possível favorecer o convencimento e a tomada de decisão nos aprendizes para a escolha da melhor teoria (Rowell, 1989). É a partir de então que o professor, após ter fortalecido seus argumentos pelos resultados experimentais, procura enfraquecer o núcleo do programa alternativo ao seguir a analogia com o critério de eliminação de teorias. Lembrando a principal recomendação de Niaz (1998) nesse sentido: "*a complexidade cognitiva das convicções nucleares pode ser quebrada por uma série de questionamentos. Isso pode ser facilitado quando são distinguidas as concepções nucleares, que são mais resistentes a mudanças, de suas explicações auxiliares*". Assim, com maior força heurística e se tornando teoricamente e empiricamente progressivo, o programa científico deve ter prestígio para ser aceito com maior facilidade pelos estudantes de forma objetiva e racional.

- Passo 7: uma segunda avaliação é feita. Esse passo serve para verificar se os aprendizes realmente adquiriram o novo compromisso epistemológico racionalmente, isto é, se assimilaram a nova concepção. O que pode ser verificado por meio da frutificação de explicações compatíveis com a teoria científica.

Viabilidade da proposta

A viabilidade a ser discutida refere-se ao principal detalhe desta estratégia, que é a inclusão da RRD, pois os aspectos presentes nos outros passos já foram divulgados na literatura (Niaz, 1998; Rowell, 1989). Uma característica favorável a tal viabilidade no processo de ensino/aprendizagem de conceitos de Física está no fato de a história dessa Ciência possuir vários episódios que podem ser "reconstruídos" com muitas controvérsias interessantes para estimular/convidar o adolescente a pensar (Dobson, 2000; Niaz & Rodríguez, 2002).

Um exemplo de sua aplicação pode estar voltado para o ensino dos conceitos de calor e temperatura no Ensino Médio. Primeiramente, é necessário

escolher pelo menos dois programas de pesquisa rivais da história da física, por exemplo, a teoria do calórico e a teoria cinético-molecular da matéria. A partir daí, o professor deve apresentar os modelos e explorar seus postulados básicos, apresentando-os como invioláveis, cuja filosofia implícita entende como concepções centrais, núcleos de programas de pesquisa por analogia com a heurística negativa. Seguindo o passo 2, o professor deve escolher fenômenos que ambas teorias explicam sem contradizer seus postulados. Posteriormente, o professor poderá "abusar" de sua criatividade para ilustrar de forma racional (por inspiração no falseamento lakatosiano) como o programa de pesquisa cinético-molecular tornou-se progressivo diante de seu rival, então, degenerativo, por analogia ao sinal típico de degeneração de um programa que se comentou em seções anteriores. Nessa ocasião, contrariamente ao que se fez no passo 2, deve-se discutir fenômenos em que as interpretações enfraquecem os postulados da teoria calórica, enquanto fortalecem os da rival cinético-molecular. Nesse sentido, o professor pode ser auxiliado por uma RRD elaborada para auxiliar o entendimento de seus alunos em relação à racionalidade que direciona a tomada de decisão para escolher a teoria vencedora. Dessa maneira, quando em passos posteriores da estratégia confrontar as concepções alternativas dos alunos com as científicas, então vencedoras na RRD, ficará mais fácil "energizar" a racionalidade para auxiliar o aprendizado racional, como propõem Niaz (1998) e Rowell (1989). Isso porque, parafraseando Mathews[11] (1994, p.83) e Allchin[12] (2004, p.188): todo debate, então racional, realizado para explicar a superação de uma teoria entre rivais, exemplifica/ensina um critério pelo qual a racionalidade assim permitiu entender a aceitação dessa superação.

Conclusões

O principal destaque da estratégia de ensino lakatosiana apresentada refere-se à função que a RRD deve assumir, quando inserida no momento específico do processo. Discutiu-se que a intenção neste trabalho é que sua função seja de melhor preparar o aluno para uma posterior discussão racio-

11 "Sempre que uma ciência é ensinada, uma filosofia, até certo ponto, também é ensinada."
12 "Toda história da ciência ensina uma natureza da ciência."

nal entre as concepções rivais (alternativas e científicas), que as estratégias de Niaz (1998) e Rowell (1989) já estabeleciam de maneira mais direta, auxiliando os processos de ensino e de aprendizagem. Frente a essas últimas estratégias, a aqui mostrada encontra-se fortalecida, visto que na literatura existem advertências (Mathews 1994, p.86; Villani et al., 1997, p.41) para a ingênua suposição da existência de algum modelo racional muito enraizado nos estudantes. Isto justifica a importância de se preparar de algum modo os estudantes para debates racionais. Nesse sentido, este estudo oferece uma alternativa possível por meio da RRD sobre inspiração nas ideias de Lakatos (1978). Assim sendo, mostrou-se coerência também com a recomendação de Niaz (1998, p.123), ou seja, para que novos estudos fossem desenvolvidos, visando fortalecer sua estratégia racional de ensino fundamentada em Lakatos (1978).

Referências bibliográficas

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education*, v.13, pp.179-195, 2004.

ASSIS, Jesus de Paula. Kuhn e as ciências sociais. *Estudos Avançados*, São Paulo, v.7, n.19, 1993. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141993000300004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08 out. 2007.

BROWN, H. I. Judgment and Reason: Responses to Healy and Reiner and Beyond, *The Electronic Journal of Analytic Philosophy*, v.2, n.5, 1994.

________. More about Judment and Reason. *Metaphilosophy*, v.37, n.5, pp.646-651, 2006.

CHALMERS, A. F. *O que é ciência afinal?* Editora Brasiliense: São Paulo, 2000.

Dobson K. Is physics debatable? *Phys. Educ*. v.35, n.1, 2000.

IZQUIERIDO-AYMERICH, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education,* v.12, pp.27-43, 2003.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Os programas de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência e Educação*, v.5, n.2, pp.23-38, 1998.

________.; NIAZ, M. A Lakatosian Framework to Analyze Situations of Cognitive Conflict and Controversy in Students Understanding of Heat Energy and Temperatura. *Journal of Science Education and Technology*, v.11, n.3, September, 2002.

LAKATOS, I. *The methodology of scientific research programmes*. Philosophical Papers, v.1. Cambridge: Cambridge University Press (1978).

MÄNTYLÄ, T.; KOPONEN, I. T. Understanding the Role of Measurements in Creating Physical Quantities: A Case Study of Learning to Quantify Temperatura in Physics Teacher Education. *Science & Education,* v.16, pp.291-311, 2007.

MATHEWS, M. R. *Science Teaching – The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

NIAZ, M. A Lakatosian Conceptual Change Teaching Strategy Based on Student Ability to Build Models with Varying Degrees of Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. *Science & Education*, v.7, pp.107-127, 1998.

NIAZ, M. & RODRÍGUEZ, M. A. Improving learning by discussing controversials in 20th century physics. *Physics Education*, pp.59-63, jan. 2002.

PEREIRA, A. I.; AMADOR, F. A história da ciência em manuais escolares de ciências da natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.1, 2007.

REINER, R. "The Rationality of Authority: Healy and Brown on Expertise". *The Electronic Journal of Analytic Philosophy*, v.2, n.3, 1994.

ROWELL, J. A. Piagetian Epistemology: Equilibration and the Teaching of Science. *Synthese*, 80, pp.141-162, 1989.

SILVA, O. H. M. *Um Estudo sobre a Estruturação e Aplicação de uma Estratégia de Ensino de Física inspirada em Lakatos com a Reconstrução Racional Didática para auxiliar a preparar os Estudantes para Debates Racionais entre Teorias e/ou Concepções Rivais.* Tese (Doutor em Educação par a Ciência) – Faculdade de Educação, Unesp – Bauru (2008).

SIEGEL, H. Rationality and Judgment. *Metaphilosophy*, v.35, n.5, pp.597-613, October 2004.

VALENTE, M. Contributo da história e filosofia das ciências para o desenvolvimento do gosto pelo conhecimento científico. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, VII Congresso 2005. Disponível em: http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/1_ense_ciencias/1_3/Valente_865.pdf. Acesso em: 9 ago. 2007.

VILLANI, A.; BAROLLI, E.; CABRAL, T. C. B.; FAGUNDES, M.; YAMAZAKI, S. C. Filosofia da ciência, história da ciência e psicanálise: analogias para o ensino de ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.14, n.1, pp.37-55, abr. 1997.

11
Textos históricos de fonte primária – contribuições para a aquisição de subsunçores pelos estudantes para a formação do conceito de carga elétrica

Sérgio Luiz Bragatto Boss[1,2]

Moacir Pereira de Souza Filho[1, 3]

João José Caluzi[1, 4]

Introdução

Há algum tempo, tem-se discutido as possíveis contribuições da História da Ciência para o processo ensino-aprendizagem de conceitos científicos. Nosso trabalho de pesquisa evidencia que a discussão de textos históricos de *fonte primária* em sala de aula, à luz da teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, pode contribuir para o processo ensino-aprendizagem de conceitos de Física. A discussão de fontes primárias com licenciandos em Física forneceu alguns *subsunçores* que podem auxiliar na aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica. A pesquisa foi realizada em uma licenciatura em Física de uma Universidade Estadual do interior do Estado de São Paulo (Boss, 2009).

Professores de Física, sejam docentes de Ensino Médio ou Superior, percebem sérias dificuldades que os alunos têm para aprender conceitos cientí-

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Grupo de Pesquisa em Educação Científica. Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Doutorando em Educação para a Ciência. E-mail: serginho@fc.unesp.br.

3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Departamento de Física Doutor pelo do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: moacir@fc.unesp.br.

4 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Professor Assistente Doutor do departamento de Física. E-mail: caluzi@fc.unesp.br.

ficos. Algumas dessas dificuldades são descritas por trabalhos como (Furió; Guisasola, 1998a, 1998b; Guisasola et al., 2003; Souza Filho, 2009). Destacamos dois equívocos cometidos no ensino de Física, que sob nosso ponto de vista colaboram de forma contundente para o insucesso do processo ensino-aprendizagem dos conceitos científicos. O primeiro deles é a *banalização* dos conceitos, e o segundo é a *metodologia* utilizada para ministrá-los.

Segundo Dias (2001, p.226-7), a Física não é *trivial* em sua essência. No entanto, a utilização dos conceitos ao longo dos anos tende a torná-los *triviais* e simples, trazendo a falsa sensação de que eles são "*óbvios*" e fáceis de serem apreendidos e compreendidos. Na medida em que a Física é tratada como uma disciplina de fácil compreensão, desprezam-se muitas dificuldades que os alunos têm para entendê-la, e seu ensino tende a ficar cada vez mais propedêutico e menos significativo. A apreensão dos conceitos físicos é bastante laboriosa e não pode ser tratada como algo corriqueiro ou banal.

O segundo ponto a ser destacado refere-se à forma como a Física tem sido "ensinada", ou melhor, como seus conteúdos têm sido ministrados. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs):

> O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas (Brasil, 2000, p.22).

Entendemos que a História da Física possibilita evidenciar que teorias e conceitos não são *óbvios* e, desta forma, auxilia na busca por um ensino que preze pela compreensão conceitual e pela aprendizagem significativa, e não pelo ensino de algoritmos para a resolução de exercícios. A inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências justifica-se por várias razões e objetivos. Dentre eles, destacamos a sua utilização para auxiliar na compreensão dos conceitos científicos, como evidencia Matthews (1994, p.50).

Acreditamos que a utilização da História da Ciência juntamente com a Teoria da Aprendizagem Significativa pode contribuir para melhorar a compreensão do conteúdo específico, superando, desta forma, a aquisição mecânica de "fórmulas", *equações* e *expressões matemáticas* que, muitas vezes, os alunos decoram e utilizam sem compreender o seu significado real (Vannucchi, 1996, p.19). O estudo histórico permite a análise conceitual; por meio dele é possível evidenciar como se deu a enunciação de um conceito, conhecendo as perguntas que foram respondidas com seu surgimento e as questões e os problemas que o originaram; desta forma, é possível entender a função do conceito dentro de uma dada teoria (Dias, 2001, p.226-7; Dias; Santos, 2003, p.1.616). Esses são alguns elementos que julgamos importantes quando buscamos a aprendizagem significativa.

Segundo Villani et al. (1997, p.44), para tornar algumas teorias inteligíveis para os alunos de graduação (*e.g.*, a Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica etc.) é necessário complementar e enriquecer os processos de ensino, indo além dos aspectos experimentais e matemáticos. E defendem que isto pode ser feito por meio da inserção da História da Ciência no ambiente escolar. Traçaremos, neste trabalho, algumas considerações sobre como a discussão de textos históricos de fonte primária pode auxiliar os alunos na compreensão do conceito de *carga elétrica*.

A teoria da aprendizagem significativa

É importante ressaltar que em função dos limites do presente capítulo pontuar-se-ão apenas aspectos essenciais dessa Teoria. A finalidade da aprendizagem significativa é a aquisição de novos significados, e estes, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa. Esta, por sua vez, pode ser representada, de forma geral, pela ideia de que um novo conhecimento, ao ser aprendido, é relacionado de forma *não arbitrária* e *não literal* a aspectos relevantes que o aprendiz já possui em sua estrutura cognitiva (*e.g.*, uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição etc.) (Ausubel et al., 1980, p.34; Ausubel, 1968, p.38-9)[5]. Esses aspectos rele-

5 A referência (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980) será referida neste trabalho como (Ausubel et al., 1980).

vantes da estrutura cognitiva, que servem de ancoradouro ou esteio para o novo conhecimento, são chamados de *subsunçores*. Quando o aprendiz se depara com uma nova ideia, para assimilá-la de forma significativa é necessário utilizar informações obtidas anteriormente e que estejam claras e diferenciadas em sua estrutura cognitiva.

Se o aluno não possuir em sua estrutura cognitiva informações relevantes para o novo conteúdo se apoiar, não será possível a aprendizagem significativa, podendo ocorrer apenas a memorização de definições, conceitos ou proposições, sem que haja a compreensão dos significados. Por exemplo, um aluno pode aprender a *lei de Ohm*, que afirma que a diferença de potencial (V) é diretamente proporcional à corrente elétrica (i) em um circuito[6]. Entretanto, essa proposição só será aprendida significativamente se o estudante souber previamente o significado dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica e o conceito de direta e inversamente proporcional. Além disso, é preciso que o aluno esteja disposto a aprender e busque relacionar tais conceitos da maneira como eles estão expressos na lei de Ohm (Ausubel et al., 1980, p.35).

A Teoria também ressalta a importância das *tarefas de ensino* para o processo de aprendizagem e atribui um *potencial significativo* a elas. Há dois fatores que determinam o potencial significativo: (i) a natureza do conteúdo a ser ensinado, que deve ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, para que possa ocorrer uma relação não arbitrária e não aleatória com informações relevantes localizadas no campo da capacidade intelectual humana[7]; (ii) a própria estrutura cognitiva de cada aluno, uma vez que a aquisição de significados ocorre individualmente. Portanto, não basta que o conteúdo a ser ensinado seja apenas relacionável às ideias relevantes que a maioria dos seres humanos pode adquirir, é necessário que tais ideias estejam disponíveis na estrutura cognitiva de cada aluno (Ausubel et al., 1980, p.36-7).

Na aprendizagem significativa não ocorre apenas uma conexão simples entre o novo conteúdo e os conhecimentos que o aluno já possui, ocorre

---

6 $V = iR$ – É importante ressaltar que essa equação define a resistência R para qualquer condutor que obedeça ou não à lei de Ohm, entretanto, ela só pode ser chamada de lei de Ohm quando R é constante, *i.e.*, a lei de Ohm expressa uma proporcionalidade direta (para alguns materiais) entre diferença de potencial (V) e a corrente elétrica (i) (Young; Freedman, 2004, p.139).

7 Tais informações são aquelas que a maioria dos seres humanos é capaz de aprender quando lhe é dada uma oportunidade (Ausubel et al., 1980, p.36).

uma relação mais "forte", sendo que tanto a nova informação quanto os subsunçores se modificam no processo de aprendizagem (Ausubel et al., 1980, p.48; Moreira; Masini, 1982, p.13). Tendo em vista os aspectos da Teoria de Ausubel discutidos anteriormente, é provável que o conteúdo aprendido significativamente torne-se menos vulnerável do que as associações arbitrárias (*material decorado*) à interferência de novas associações e, portanto, torna-se mais fácil para ser lembrado. O conteúdo cognitivo decorado (*não significativo*) tem um período de estocagem e retenção bastante pequeno, não ocorrendo o mesmo com o conteúdo aprendido de forma significativa. Um aluno pode aprender e adquirir muito mais conhecimento se dele for exigido apenas a assimilação da essência das ideias, em lugar de saber proclamar as palavras precisas para expressá-las (Ausubel et al., 1980, p.54).

A Teoria define algumas formas de aprendizagem significativa: (i) na aprendizagem *subordinativa derivativa,* o novo conteúdo (*a*) é ligado a uma ideia superordenada (*A*) da estrutura cognitiva e representa um exemplo ou extensão de (*A*); nessa relação, os atributos essenciais do conceito (*A*) não sofreram alterações; (ii) na aprendizagem *subordinativa correlativa*, o novo conteúdo (*a*) é ligado à ideia (*A*), mas agora ele é uma extensão, modificação ou qualificação de (*A*); nessa interação, os atributos essenciais do conceito subordinativo (*A*) podem ser ampliados ou modificados; (iii) na *aprendizagem superordenada*, as ideias (a_1), (a_2) e (a_3) da estrutura cognitiva são consideradas exemplos mais específicos do novo conteúdo (*A*) e passam a associar-se a ele; aqui, a ideia superordenada (*A)* passa a ser definida por um novo conjunto de atributos essenciais que abrange as ideias subordinativas; (iv) na *aprendizagem combinatória,* o novo conteúdo (*A)* é relacionável às ideias existentes (*B*), (*C*) e (*D*), mas não é nem mais abrangente nem mais específico do que elas; aqui, o novo conteúdo (*A*) tem alguns atributos essenciais em comum com as ideias preexistentes (Ausubel et al., 1980, p.57; Ausubel, 2003, p.111).

O resultado da interação entre o novo conteúdo potencialmente significativo e uma ideia presente na estrutura cognitiva é denominado *assimilação,* o que origina uma estrutura mais diferenciada, sendo que boa parte da aprendizagem significativa é fundamentalmente a assimilação dos novos conteúdos (Ausubel et al., 1980, p.57-8).

A Teoria de Ausubel propõe uma estratégia para facilitar a aprendizagem significativa, que consiste na utilização de *materiais introdutórios* adequados, claros e estáveis denominados *organizadores prévios*. Estes são ministrados antes do conteúdo de aprendizagem. O objetivo é fornecer subsunçores relevantes e aumentar a discriminação entre aquilo que o aluno já sabe e o conteúdo a ser aprendido (Ausubel et al., 1980, p.143; Ausubel, 2003, p.66; Moreira; Masini, 1982, p.11). Os organizadores prévios devem ser apresentados em um nível de abstração mais elevado, de maior generalidade e inclusão do que o material a ser aprendido (Ausubel et al., 1980, p.143; Ausubel, 2003, p.66).

A utilização de organizadores prévios justifica-se por: i) a importância de se ter ideias relevantes e apropriadas disponíveis na estrutura cognitiva, para a aprendizagem significativa; ii) as vantagens de utilizar conceitos mais gerais e inclusivos de uma disciplina como ideias de esteio ou subordinadores[8]; iii) os próprios organizadores prévios tentam tanto identificar um conteúdo relevante já existente na estrutura cognitiva (e a ser relacionado com ele) como indicar a relevância desse conteúdo e sua própria relevância para o material de aprendizagem (Ausubel et al., 1980, p.144).

Sendo assim, é possível dizer que a principal função dos organizadores prévios é superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele deverá aprender. São úteis na medida em que funcionam como *pontes cognitivas*. Eles "permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem" (Moreira, 1999, p.155; Moreira; Masini, 1982, p.12).

Sendo assim, entendemos que textos históricos de *fonte primária* podem ser utilizados para fornecer, aos aprendizes, conhecimentos relevantes que subsidiem a aprendizagem significativa dos conceitos. Apresentamos aqui uma proposta de discussão de fontes primárias em sala de aula que foi feita com base em algumas características dos organizadores prévios. Entretan-

8 Isto se dá porque Ausubel assume que o sistema psicológico humano (mecanismo de transformação e armazenamento de informações) se organiza de forma hierárquica, tal como uma pirâmide, em que os conceitos mais inclusivos, mais gerais e mais abstratos ocupam uma posição no topo da pirâmide, e estes subsumem, de forma progressiva e descendente, as ideias mais diferenciadas (Ausubel, 2003, p.44).

to, é importante ficar claro que nossa proposta não é um organizador prévio legítimo, pois ela possui apenas alguns de seus elementos essenciais, e não todos. Foram discutidos textos históricos em sala de aula, com licenciandos em Física, antes de o conteúdo específico ser ministrado, buscando *fornecer subsunçores* para a posterior aprendizagem significativa. Nosso objetivo era que os alunos adquirissem tanto conhecimentos *mais gerais* quanto conhecimentos *mais diferenciados* do que o conteúdo específico a ser ministrado posteriormente. Assim, nossa proposta *não* é um organizador prévio, já que este prevê apenas o fornecimento de ideias mais gerais e inclusivas.

Metodologia da pesquisa

A coleta de dados foi realizada em duas etapas, em que foram aplicados dois questionários com objetivos distintos. Na primeira etapa, realizada no primeiro dia de aula de uma disciplina de *Física Geral III*[9], foi aplicado um questionário com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre parte do conteúdo de eletrostática. Na segunda etapa, realizada após as aulas nas quais foram desenvolvidas as atividades com os textos de História da Ciência, foi aplicado um questionário com o objetivo de identificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre o conteúdo histórico discutido. As atividades com os textos históricos ocorriam sempre uma aula antes de o professor da disciplina *Física Geral III* ministrar o conteúdo respectivo àquele texto.

Tendo em vista os limites do presente trabalho, discutiremos aqui apenas os dados relativos ao conceito de carga elétrica. O texto trabalhado era composto por fragmentos de dois textos de fonte primária: Du Fay (1733, 1735[10]). Os textos não foram discutidos na íntegra porque são bastante longos. Para a discussão do texto em sala de aula, foi solicitado a alguns alunos que fizessem a leitura em voz alta, de forma que cada aluno lesse um parágrafo. Então, após cada parágrafo era feita uma discussão sobre o aquilo que

9 Eletricidade, Magnetismo e Eletromagnetismo.

10 Uma tradução deste texto, para o português, pode ser encontrada em Boss, Caluzi, 2007.

estava sendo lido. Os alunos eram constantemente questionados, de forma que por meio das respostas se estabelecesse uma discussão sobre o texto. Além das respostas dos alunos às questões formuladas pelo pesquisador, em alguns momentos, os estudantes elaboravam suas próprias questões. A cada parágrafo o pesquisador e o professor procuravam discutir e explicar o conteúdo abordado.

Os questionários constituíam-se apenas de questões abertas. Para a apresentação dos dados, foram criadas algumas categorias descritivas que foram discutidas com base no referencial teórico. O tratamento e a análise dos dados foram feitos com base na análise de conteúdo (Bardin, 1977). Segundo Bardin (1977, p.42), a análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que visa obter, por meio de conhecimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo (*e.g.*, textos), indicadores (quantitativos ou não) que permitem inferir conhecimentos relativos às condições de produção/recepção dos textos – que neste trabalho provêm das questões analisadas.

Resultados e discussões

Neste trabalho discutiremos especificamente sobre o conceito de carga elétrica. Por esse motivo, apresentaremos apenas três questões. Uma questão sobre conhecimentos prévios dos licenciandos e duas sobre o texto histórico discutido em sala.

Etapa 01 – Levantamento dos conhecimentos prévios

Questão 01: O que você entende por carga elétrica?

Esta etapa foi realizada no primeiro dia de aula, antes de o professor da disciplina *Física Geral III* iniciar suas aulas. Esse questionário continha dezenove questões que versavam sobre os temas: *carga elétrica*, eletrização, lei de Coulomb, campo elétrico e lei Gauss. As dezenove questões eram conceituais, não exigindo formalismo matemático. Esse questionário foi respondido por 33 graduandos.

Tabela 1: Respostas à questão 01[11].

Concepções de carga elétrica	Porcentagem de alunos
1. Quantidade/divisão de prótons e/ou elétrons .	30,3%
2. Propriedade ou característica da matéria.	6,1%
3. Energia.	18,2%
4. Algo com propriedade de atrair e repelir.	9,1%
5. Propriedade magnética.	3%
6. Movimento ordenado de elétrons.	3%
7. Ente físico/grandeza física.	6,1%
8. Indica a polaridade de uma partícula.	3%
9. O que é capaz de mostrar se um corpo está carregado + ou – .	3%
10. Partículas eletrizadas positiva ou negativamente.	3%
11. Carga contida nos elétrons.	3%
12. Meio elétrico (prótons ou elétrons).	3%
13. Partícula eletricamente carregada.	3%
14. Cargas de mesmo sinal se repelem, e de sinais diferentes se atraem.	78,8%
15. Cargas diferentes se atraem.	15,2%
16. Não responderam.	9,1%

Comentários: a análise e a categorização dessa questão foram bastante laboriosas, tendo em vista a diversidade das respostas, como mostra o número de categorias com apenas um aluno (3%). A *Tabela 1* evidencia algumas confusões que os alunos fazem em relação a esse conceito. Na resposta mais comum, *categoria 1*, cerca de 30% entendiam a carga elétrica como a *quantidade ou a divisão de prótons ou elétrons no material*. As respostas mostram que esses alunos confundiam o conceito de *carga elétrica* com o conceito de *eletrização*. A *categoria 3* mostra que cerca de 18% confundiam o conceito de *carga* com *energia*. A *categoria 6* mostra que um aluno confundia carga elétrica com corrente elétrica. Um dos alunos mencionou que a "carga elétrica caracteriza a matéria em relação a sua propriedade magnética" (categoria 5). Apenas 6% dos alunos definiram a carga elétrica como uma propriedade da matéria (*categoria 2*).

11 A soma das porcentagens expostas nas tabelas pode passar de 100%, porque há respostas que expressam mais de uma categoria.

Etapa 02 – Levantamento dos conhecimentos adquiridos com as discussões sobre o texto histórico referente à carga elétrica

Questão 02: Du Fay fez vários experimentos sobre eletricidade e propôs dois princípios gerais que, segundo ele, regiam os fenômenos elétricos. Enuncie-os.

A segunda etapa da coleta de dados foi realizada após a aplicação dos textos históricos – havia mais três textos além daquele que estamos discutindo neste trabalho. Esse questionário continha onze questões, das quais os alunos deveriam escolher cinco para serem respondidas. Esse questionário foi respondido por 33 graduandos.

Tabela 2: Respostas à questão 02.

Respostas	Porcentagem de alunos[12]
1. Descreveu os dois princípios satisfatoriamente.	66,7%
2. Descreveu apenas o segundo princípio satisfatoriamente.	11,1%
3. Corpos com mesmas características se repelem, e com características diferentes se atraem.	55,5%
4. Descreveu de forma equivocada.	22,2%

Comentários: uma resposta satisfatória para essa questão deveria conter os seguintes elementos: o primeiro princípio afirma que corpos eletrizados se repelem, e um corpo eletrizado atrai um corpo não eletrizado; o segundo propõe a existência de duas eletricidades distintas (vítrea e resinosa), sendo que corpos de mesma eletricidade se repelem, e corpos com eletricidades diferentes se atraem.

Destacamos, em ambos os princípios, o fenômeno da interação entre os corpos. No primeiro, a característica da interação é de que um corpo neutro e outro eletrizado se atraem, e dois corpos eletrizados se repelem. No segundo, a interação se dá de forma diferente, pois Du Fay postula a existência de *duas eletricidades*, sendo que a interação entre corpos que possuem o mesmo tipo eletricidade é repulsiva, e entre corpos de eletricidades diferen-

12 Dos 33 graduandos, 09 optaram por responder esta questão.

tes é atrativa. Note que, em ambos os princípios a atração se dá por corpos em "estados elétricos" distintos, e a repulsão se dá por corpos elétricos no mesmo "estado elétrico".

Há duas importantes ideias que consideramos necessárias para o entendimento do conceito de carga elétrica, que consideramos subsunçores e que podem ser trabalhadas com o texto de Du Fay. Primeiro: é importante o aluno *aceitar que a matéria tem uma propriedade que se apresenta de duas formas distintas*. Segundo: *a propriedade que se apresenta de duas formas distintas (a carga elétrica) é o que leva a possibilidade da interação atrativa/repulsiva da matéria*. Essa ideia também pode ser evidenciada com as discussões sobre o segundo princípio.

Discussões

Os dois princípios propostos por Du Fay para a eletricidade possuem elementos importantes que podem subsidiar a aprendizagem do conceito de *carga elétrica*. Um importante aspecto em ambos os princípios é a interação atrativa/repulsiva, bem como as características elétricas ("estados elétricos") dos corpos envolvidos, i.e., não eletrizados e eletrizados (com eletricidade vítrea ou resinosa). Discutiremos agora de que forma esses conhecimentos do texto histórico podem fornecer subsídios para a aprendizagem significativa.

Segundo Young e Freedman (2004, p.1-2), não é possível dizer o que é a carga elétrica, mas é possível descrever seu comportamento e suas propriedades. A carga elétrica, tal como a massa, é uma das principais propriedades das partículas que constituem a matéria. Nussenzveig[13] (2001, p.03) afirma que o análogo da massa gravitacional, a carga elétrica, se manifesta de duas formas diferentes, e se convencionou chamá-las de *positiva* e *negativa*. Isso leva à possibilidade da *atração* e da *repulsão*, enquanto interações entre massas são sempre atrativas. Ou seja, a carga elétrica é uma propriedade intrínseca da matéria que se apresenta na natureza de duas formas diferentes, convencionalmente chamadas de positiva e negativa. Uma característica importante das cargas elétricas é a interação entre elas. Pode ocorrer atração, se forem cargas de naturezas distintas (*e.g.*, positiva e negativa), ou

13 Livro texto adotado no curso de Física Geral III.

repulsão, se forem cargas de mesma natureza (*e.g.*, positiva e positiva). Entendemos que as propriedades da *eletricidade* discutidas por Du Fay podem ser subsunçores para o conceito de carga elétrica.

Note que, na teoria de Du Fay, a atração ocorre sempre entre corpos em "estados elétricos" distintos – (i) eletrizado e não eletrizado ou (ii) eletrizado com eletricidade vítrea e eletrizado com eletricidade resinosa. A repulsão, por sua vez, ocorre entre corpos com mesmo "estado elétrico" – eletrizado com eletricidade vítrea e eletrizado com eletricidade vítrea, sendo que ocorre o mesmo para a eletricidade resinosa. À medida que o aluno adquire os conhecimentos referentes a essas características da interação repulsiva/atrativa entre dois corpos, ele adquire atributos essenciais do conceito de carga elétrica. No momento em que o conteúdo sobre carga for ministrado, aqueles atributos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem ser reunidos sob uma definição mais geral de carga, como aquela mencionada por Young e Freedman (2004) e Nussenzveig (2001). Assim, conhecimentos mais específicos são subordinados ao material de aprendizagem mais geral e inclusivo, podendo ocorrer a *aprendizagem significativa superordenada*.

Nossos dados mostram – *Tabela 2* – que aproximadamente 78% dos alunos (*categorias 1* e *2*) que optaram por responder essa questão descreveram satisfatoriamente o segundo princípio. Isso evidencia que a maioria dos alunos possui o conhecimento de que Du Fay postulou a existência de duas eletricidades distintas. Mostra ainda que 55% dos alunos expressaram em suas respostas o fato de que corpos com mesmas características elétricas se repelem, e com características diferentes se atraem. Assim, pouco mais da metade dos graduandos que responderam essa questão tem conhecimentos que são atributos essenciais do conceito de carga. Deste modo, podemos deduzir que possuem ideias relevantes em sua estrutura cognitiva para subsidiar a aprendizagem significativa superordenada.

Entretanto, a *Tabela 1* mostra que, ao responderem ao questionário de avaliação de conhecimentos prévios, 79% dos alunos mencionaram que *cargas de mesmo sinal se repelem, e de sinais diferentes se atraem*, e 15% mencionaram que *cargas diferentes se atraem*. Sendo assim, a maioria dos alunos já possuía os conhecimentos elencados no parágrafo anterior quando ingressaram no curso de *Física Geral III*. Temos então dois comentários a respeito.

Primeiro, é importante a discussão dos elementos do texto de Du Fay apresentados no parágrafo anterior, pois, segundo a teoria de Ausubel, tais discussões podem auxiliar o aluno a reconhecer quais elementos do futuro conteúdo podem ser significativamente aprendidos e relacioná-los a aspectos relevantes de sua estrutura cognitiva (Ausubel et al., 1980, p.143; Ausubel, 2003, p.66; Moreira; Masini, 1982, p.11). Isto é importante no processo ensino-aprendizagem, pois se o aprendiz possui um conhecimento relevante, mas a ele não é dada a relevância necessária, é provável que não ocorra a aprendizagem significativa. Ressaltamos, ainda, que um dos objetivos de um organizador prévio é a interação entre aquilo que o aluno já sabe e o próprio organizador, além da interação entre o organizador e o novo conteúdo (Ausubel, 2003, p.66).

Segundo, parece-nos que as respostas dadas pelos alunos sobre a interação entre cargas são mnemônicas, os alunos apenas têm decorado que cargas iguais se repelem e cargas diferentes se atraem. Essa impressão emerge das próprias respostas dos alunos, da forma como mencionam essa questão, *e.g.*: "...cargas opostas se atraem e cargas iguais se repelem", e "...cargas opostas se atraem e cargas iguais se repelem" etc. A impressão que temos é que os alunos sabem que cargas elétricas diferentes se atraem e que cargas iguais se repelem, mas não percebem isto como uma propriedade da carga elétrica. Desta forma, a discussão do texto de Du Fay, mais do que fornecer subsunçores e mobilizar os conhecimentos adquiridos anteriormente, tem condições de apontar para essa importante característica das cargas elétricas, para a essência da interação repulsiva/atrativa, e evidenciá-la como uma propriedade que advém do fato de as cargas existirem na natureza de duas formas distintas, com características intrínsecas distintas.

Questão 03: Descreva o experimento realizado por Du Fay que deu origem ao segundo princípio e comente-o. Explique também por que não é possível explicá-lo por meio do primeiro princípio.

Tabela 3: Respostas à questão 03[14].

Respostas	Porcentagem de alunos
1. Descreveu de forma satisfatória.	57,2%
2. Descreveu de forma equivocada.	42,8%

14 Dos 33 graduandos, sete optaram por responder esta questão.

Comentários: uma resposta satisfatória para essa questão deveria conter os seguintes elementos: uma folha (lâmina) de ouro eletrizada, por interagir com um tubo de vidro eletrizado, ao ser aproximada de um pedaço de resina copal eletrizado, foi atraída por ele. Isso não poderia ser explicado pelo primeiro princípio, porque este determinava que a interação entre dois corpos eletrizados deveria ser sempre repulsiva.

Discussões

A discussão do experimento realizado por Du Fay que culminou na proposição do segundo princípio evidencia uma importante característica das cargas elétricas: a interação repulsiva/atrativa. É importante observar como Du Fay, a partir da observação de um fenômeno, propõe a existência de dois tipos diferentes de eletricidade. O texto apresenta de que forma ele chegou a essa conclusão. Os princípios são propostos para tentar explicar fenômenos elétricos observados, sendo que o segundo (a proposição das duas eletricidades) vem para *resolver um* "problema" que o primeiro não explicava: a interação entre corpos eletrizados pode ser tanto atrativa quanto repulsiva. Como isto poderia ser explicado? (Boss; Caluzi, 2007, p.639). Entender aspectos históricos de *como* um conceito foi proposto e o *porquê* pode auxiliar no entendimento conceitual, sendo, desta forma, elemento que poderá contribuir para a aprendizagem significativa (Dias, 2001, p.226; Dias; Santos, 2003, p.1616).

A Física não é trivial em sua essência, como bem destaca Dias (2001). Olhar para a Física como um monte de regras e equações a serem decoradas, tratar detalhes fundamentais como um mero detalhe, apenas contribui para que o aluno não perceba a essência dessa ciência. Em nossa opinião, sem olhar para os detalhes fundamentais, sem reconhecê-los e entendê-los, não é possível compreender vários conceitos científicos. Por isso, a discussão de como Du Fay propôs a existência de duas eletricidades é importante, para chamar a atenção para propriedades fundamentais da carga elétrica. Além disso, para mostrar aos alunos a importância dos detalhes e para mostrar também que a beleza da Física não está apenas no elegante formalismo matemático da Mecânica Quântica.

Outra ideia importante para o entendimento do conceito de carga elétrica é: *saber que há um princípio empírico que afirma que cargas de mesmo tipo se repelem e de tipos diferentes se atraem*. Esse princípio empírico é a essência da discussão sobre o segundo princípio de Du Fay e do experimento que o levou a essa proposição. Se o aluno passa a conhecer o segundo princípio de Du Fay, no momento em que o professor for ministrar o conteúdo, é possível que ocorra aprendizagem *significativa representacional*[15], na medida em que o segundo princípio pode ser associado ao princípio empírico de que cargas diferentes se atraem. No entanto, essa aprendizagem vai além de nomear o segundo princípio como um princípio empírico, pois o aluno poderá ter a compreensão de como é possível chegar a ele. Isso se o aprendiz compreender o que foi discutido no texto histórico. A *Tabela 3* mostra que quase 57% dos alunos que responderam essa questão descreveram satisfatoriamente o experimento, e que 43% descreveram de forma equivocada. Com isto, mais da metade dos alunos adquiriu conhecimentos que podem subsidiar a aprendizagem subsequente do conceito de carga elétrica, o que poderia contribuir para que eles não apenas decorem uma regra que diz: "cargas iguais se repelem, e cargas diferentes se atraem".

Considerações finais

Neste trabalho, verificamos que os sujeitos da pesquisa adquiriram alguns subsunçores com as discussões do texto histórico em sala de aula, o que pode, posteriormente, subsidiar a aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica, tal como discutimos no decorrer deste trabalho. É importante ressaltar que a *disponibilidade de conteúdo relevante* (subsunçores) na estrutura de conhecimento de um aprendiz é uma variável decisiva para a aprendizagem significativa (Ausubel et al., 1980, p.37; Ausubel, 2003, p.74).

15 A teoria de Ausubel prevê três tipos de aprendizagem significativa: i) representacional; ii) de conceitos; e iii) de proposições. O tipo mais fundamental de aprendizagem é a *aprendizagem representacional*, que se refere ao significado de símbolos individuais (em geral palavras, mas também símbolos algébricos e químicos, figuras geométricas etc.) (Ausubel et al., 1980, p.39; Ausubel, 2003, p.84).

Referências bibliográficas

AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology*: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, INC., 1968.

________. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos*: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Tradução de Luiz Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.

BOSS, S. L. B. *Ensino de eletrostática*: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.29, n.4, pp.635-644, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: Ensino Médio (Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias). Brasília: MEC, 2000.

DIAS, P. M. C. A. (Im)Pertinência da História ao aprendizado da Física (um Estudo de Caso). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.23, n.2, pp.226-235, 2001.

DIAS, P. M. C.; SANTOS, W. M. S. O Passado, o Presente e o Cotidiano: Uma Tentativa de Ensinar Física. In: NILSON, M. D. (Org.). SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15, 2003, Curitiba. *Atas*... Curitiba: CEFET-PR, 2003, pp.1615-1623. CD-ROM.

DU FAY, C. F. C. Quatriéme Mémoire sur l'électricité: de l'attraction & répulsion dês corps électriques. *Mémoires de l'Academie Royale des Sciences*, pp.457-476, 1733.

________. A letter [...] concerning the Electricity. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v.38, pp.258-266, 1735.

FURIÓ, C.; GUISASOLA, J. Difficulties in Learning the Concept of Electric Field. *Science Education*. v.82, n.4, pp.511-526, 1998a.

FURIÓ, C.; GUISASOLA, Dificultades de Aprendizaje de los Conceptos de Carga y de Campo Electrico em Estudiantes de Bachillerato y Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v.16, n.1, pp.131-146, 1998b.

GUISASOLA, J., ALMUDÍ, J. M.; ZUBIMENDI, J. L. Dificultades de aprendizaje de los Estudiantes universitários em La teoria Del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.1, pp.79-94, 2003.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching – the role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa*: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica*: 3 Eletromagnetismo. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

SOUZA FILHO, M. P. *O erro em sala de aula*: subsídios para o ensino do eletromagnetismo. 2009. 229 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009.

VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência*: Da Teoria Para a Sala de Aula. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP, São Paulo, 1996.

VILLANI, A. et al. Filosofia da Ciência, História da Ciência e psicanálise: analogias para o ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.14, n.1, pp.37-55, 1997.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Sears e Zemansky Física III*: Eletromagnestismo. 10.ed. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

Parte III

Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e Ensino de Ciências

12
TV DIGITAL, T-LEARNING E EDUTRETENIMENTO

Marcos Américo[1]

Wilson Massashiro Yonezawa[2]

Introdução

No Brasil, o decreto nº 4.901, de 26 de novembro de 2003, que institui o Sistema Brasileiro de Televisão Digital – SBTVD, e dá outras providências, também deve servir como referência para as produções audiovisuais educativas:

> "O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 84, inciso VI, alínea "a", da Constituição, DECRETA:
>
> Art. 1º Fica instituído o Sistema Brasileiro de Televisão Digital SBTVD, que tem por finalidade alcançar, entre outros, os seguintes objetivos:
>
> I – promover a inclusão social, a diversidade cultural do País e a língua pátria por meio do acesso à tecnologia digital, visando à democratização da informação;
>
> II – propiciar a criação de rede universal de educação à distância;
>
> III – estimular a pesquisa e o desenvolvimento e propiciar a expansão de tecnologias brasileiras e da indústria nacional relacionadas à tecnologia de informação e comunicação. (Diário Oficial da União, Edição Número 231 de 27/11/2003 – Atos do Poder Executivo)

No documento citado, encontramos, nos três objetivos propostos, motivações sociais e educacionais – formais e informais – que deixam claro que a implantação do SBTVD será uma ferramenta de inclusão e com finalidades sociais, aspectos que fortalecem a necessidade de discussão sobre a produção

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Artes, Arquitetura e Comunicação (FAAC)/*campus* de Bauru. E-mail: tuca@faac.unesp.br.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Professor do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: yonezawa@fc.unesp.br.

de conteúdos educativos para a TV digital. Em um país em que a televisão está presente em 91,4% dos domicílios[3] e "a programação transmitida é uma das mais importantes fontes de informação e entretenimento da população brasileira" (Gomes, documento eletrônico), é inadmissível o estágio em que as discussões sobre produção de conteúdos se encontram e "ao focar exclusivamente sobre o desenvolvimento de tecnologias de conversão de sinais, o governo corre o sério risco de colocar o Brasil na retaguarda da construção de modelos de conteúdo para a televisão digital" (Hoineff, documento eletrônico).

Este texto discute os principais conceitos sobre TV digital, t-learning e edutretenimento e abre espaço para reflexões sobre o uso dessas tecnologias no contexto da educação.

TV digital

O termo TV digital descreve qualquer tipo de prestação de serviço que facilite a comunicação de via dupla entre o usuário do sistema (o antigo "espectador") e os provedores de conteúdo (Espial, 2001). Normalmente, a definição de TV digital é vista sob dois ângulos bem distintos e que causam certa confusão (Lytras, 2002). Em uma definição mais imediata, o termo coloca-se em oposição à transmissão analógica de sinais usada na radiodifusão tradicional, ou seja, indica a digitalização ou codificação binária do sinal nas transmissões multimídia em banda larga. Por outro lado, é usada para indicar novos formatos de transmissão e linguagens televisuais, como, por exemplo, a TV em alta definição (HDTV – *High Definition TV*) ou a TV Interativa (*iTV – Interactive TV*). A convergência da televisão, em sua perspectiva digital com as possibilidades de interatividade[4] criadas pela internet permite novas formas de comunicação que combinam a audiência massiva da TV tradicional, ou dita analógica, com características do universo virtual, o que possibilita o desenvolvimento de novas categorias de conteúdos.

3 Segundo os comentários sobre a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD 2005) realizada pelos IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2005/comentarios2005.pdf

4 É importante aqui definir interatividade e interação e, para tanto, usamos, neste artigo, as considerações de Montez & Becker (2005, p.49): "A interação pode ocorrer diretamente entre dois ou mais entes atuantes, ao contrário da interatividade que é necessariamente intermediada por um meio eletrônico, usualmente um computador".

> Televisão interativa pode ser definida como qualquer coisa que torne possível ao telespectador ou telespectadores se engajar em um diálogo com as pessoas que fazem um canal de televisão, programa ou serviço. Mais especificamente, pode ser definida como um diálogo que leve os telespectadores para além da experiência passiva de assistir e os permita fazer escolhas ou tomar ações – mesmo que as ações sejam tão simples como preencher um cartão postal e enviá-lo pelo correio, ou desenhar uma imagem na tela da televisão (Gawlinski, 2003, p.5 – tradução nossa).

Gawlinski, ao dizer que o telespectador, agora chamado "usuário", estabelece diálogo não só com o canal de televisão, mas também com o programa ou o serviço, muda radicalmente o paradigma de TV como a maioria das pessoas conhece. Devido às limitações do espaço ocupado por este artigo, optamos por utilizar a Tabela 1, traduzida de Adams et al. (2001, p.03), para estabelecer as principais características e divergências entre a TV tradicional e a TV interativa:

Tabela 1: Comparativo entre TV tradicional e TVi – Fonte: Adams et al., 2001, p.3 – Tradução nossa.[5]

Compreensão da televisão tradicional	**Compreensão da televisão interativa**
Expectador passivo.	Participante ativo (usuário).
O conteúdo é empurrado até a audiência.	O conteúdo é puxado pela audiência.
Modelo de receita baseado na propaganda.	Modelo de receita baseado no comércio.
Modelo de programação em função dos canais de transmissão.	Modelo de programação com conteúdo disponível em banco de dados.
Programação linear.	Programação participativa.
Dispositivo Central.	Ubiquidade[5] (em qualquer lugar).
Uso principal para o entretenimento.	Uso estendido a compras, comunicação, integração social e educação.
Plataforma de comunicação de uma só direção.	Plataforma de comunicação bidirecional.
Os emissores conhecem bem o seu papel.	O papel do emissor passa a ser flexível e requer maior integração.

5 Para Sousa (2004, p.06), "A computação ubíqua tem por objetivo tornar o uso do computador mais agradável fazendo que muitos computadores estejam disponíveis em todo ambiente físico, mas de forma invisível para o usuário. (...) A computação ubíqua prevê um mundo com vários tipos de dispositivos conectados entre si, com redes sem fio em todo lugar e com um custo bem baixo. (...) Afirma que o usuário não precisa carregar muitas coisas consigo, uma vez que a informação pode ser acessada em qualquer lugar, e a qualquer momento."

Segundo o "Relatório Integrador dos Aspectos Técnicos e Mercadológicos da TV Digital", publicado pela Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações em 2001, "conteúdo, é o conjunto de informações contido em um programa ou programação. Refere-se também à natureza ou às características sociais e culturais destas informações". Na tabela anterior, temos uma característica marcante da TV interativa no que diz respeito ao conteúdo: ele não mais é ditado por seu gerador, mas assume e incorpora caminhos determinados pelo usuário. Dentro da discussão em andamento sobre a implantação do Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD), pouco se tem discutido sobre o conteúdo. Para melhor compreender essa situação, indicamos a leitura de Hoineff[6] (documento eletrônico).

Em televisão, o desenvolvimento de conteúdos é a primeira etapa da Cadeia de Valor (CV), que é "a forma de sistematizar a visualização de como, e em que etapa do processo produtivo, o valor é criado e transferido para o usuário" (CPqD, 2004). Envolve ainda os agentes ativos nas várias etapas do processo e sua respectiva participação na distribuição das margens de lucro na produção de bens e serviços.

Cabe-nos, aqui, mapear algumas características imediatas que facilitem compreender o cenário da TV Digital no Brasil, tomando como base as informações já levantadas pelo CPqD (2004), a saber:

1 – Análise do mercado: como está constituído o mercado brasileiro atual? Quais são suas fontes reais de sustentabilidade financeira? Quem são os atores deste cenário? Como se estabelecem as relações atuais da cadeia de valor?
2 – Expectativas em relação à implantação: levantar informações de fontes estabelecidas e realizar pesquisas inéditas para coleta de dados contextuais que identifiquem as perspectivas atuais e futuras dos agentes envolvidos na implantação da TV digital brasileira.
3 – Elaboração de cenários em função do sistema adotado e da cadeia de valor: investigar as relações entre todos os agentes envolvidos e iden-

6 "Produção de conteúdo: TV digital e o desastre anunciado", artigo de Nelson Hoineff publicado no site do Observatório da Imprensa, disponível em: <http://observatorio.ultimosegundo.ig.com.br/artigos.asp?cod=298TVQ001>. Acesso em 10 set. 2006. Ver também "Produção de conteúdo, eis a questão", texto adaptado do pronunciamento do mesmo autor durante audiência pública sobre TV digital no Senado Federal, em 24/6/03, disponível em:< http://www.abepec.com.br/TVdigitalHoineff.pdf>. Acesso em: 10 set. 2006.

tificar as possibilidades e possíveis dificuldades para a viabilização de um mercado brasileiro para TV digital.

4 – Elementos da nova cadeia de valor: identificar e descrever os elementos e antever a ação deles em vários cenários possíveis para TV digital brasileira.

Enfim, a análise dos tópicos apontados acima permitirá identificar e interpretar todos os elementos constituintes de uma cadeia de valor transitória. Ela tenderá a manter componentes da atual cadeia dos meios analógicos (Figura 1) e agregará, gradativamente, outros fatores específicos da nova plataforma digital de comunicação. Isto porque não há, por enquanto, condições objetivas para definir previamente um formato técnico, uma nova linha de produtos e serviços e um modelo fechado de negócio.

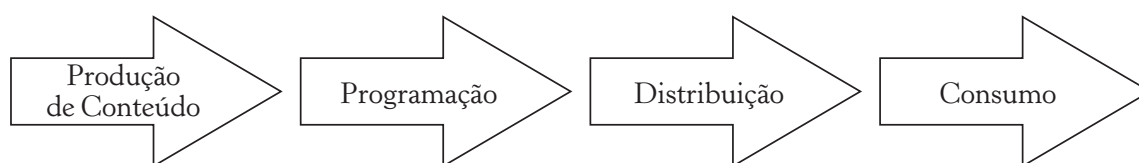



Figura 1: Cadeia de valor da TV analógica brasileira.

A aproximação/fusão da TV às tecnologias computacionais cria uma nova mídia que ainda não conseguimos nomear. Enquanto um novo modelo de comunicação audiovisual digital interativo multiplataforma, que tem como referência e matriz aquilo que conhecemos como televisão, não é definido, navegamos por caminhos tortuosos e sinalizados por siglas como iTV, TVD, HDTV, IPTV, entre outras, que lembram a máxima de Abelardo Barbosa: "Eu vim para confundir, não para explicar". Com o objetivo de clarear essa relação, Griffths (2003) descreve três características fundamentais para entender e discutir a aproximação da TV com as tecnologias computacionais:

1 – A inviabilidade, até o presente momento, em estabelecer um marco regulatório em um terreno tão movediço como o espaço virtual;

2 – "A Lei de Moore", publicada por Gordon Moore, cofundador da Intel, que está em vigor há mais de 30 anos e afirma que a cada dezoito meses a capacidade de processamento dos computadores dobra, enquanto seu valor monetário permanece o mesmo. Especia-

listas acreditam que a "Lei de Moore" deve durar pelo menos mais cinco gerações de processadores, e seu princípio pode ser aplicado também a outros aspectos da tecnologia digital, como *chips* de memória, discos rígidos e até a velocidade das conexões da internet[7].

3 – Apelo da tecnologia junto aos jovens, que não são fiéis ao modo já descrito como "antigo" e linear de comunicação que a TV analógica representa.

Somemos a essas características outros dados reveladores: a União Internacional de Telecomunicações – UIT, em seu relatório de dezembro de 2006, apresenta pesquisa que demonstra, para o assombro de muitos, que o rádio e a televisão, os dois maiores, mais abrangentes e populares meios de comunicação de massa do século XX, tiveram a audiência absoluta ultrapassada em meados da primeira década do século XXI pelas mídias digitais (Gráfico 1).

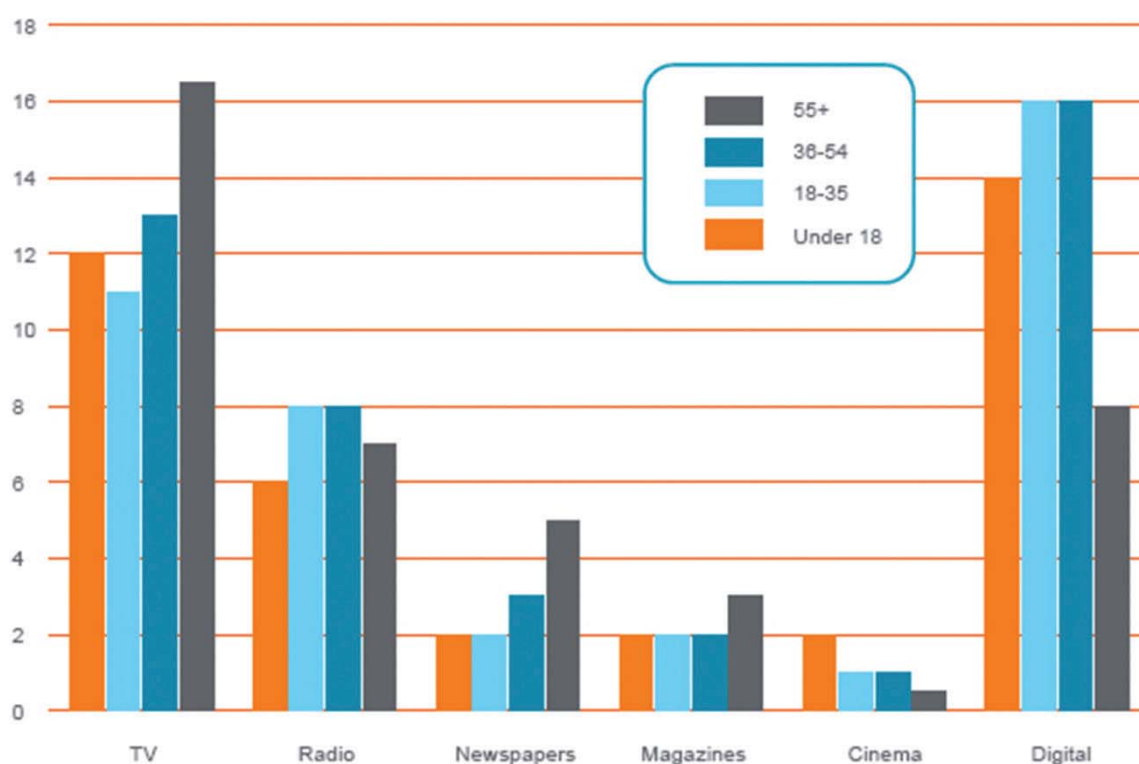



Gráfico 1: Consumo global de mídias durante o lazer por faixas etárias. Fonte: ITU – Digital life – Internet Report 2006.

7 Segundo o site Wikipedia, disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_Moore > Acesso em: 14 maio 2007.

As pessoas em todo o mundo estão passando mais horas expostas à comunicação multilateral da internet e de outros terminais binários que consumindo mensagens das tradicionais mídias analógicas. O mesmo relatório revela que um em cada três habitantes do planeta[8] carrega um celular digital durante todas suas atividades diárias, ou seja, um mercado já existente e com grande potencial de expansão para a recepção de TV digital móvel e acesso às redes virtuais de trabalho, informação, educação e entretenimento. Vivemos efetivamente um período de transição para a "vida digital" preconizada por Negroponte (1995), onde os *bits* passam a ser tão importantes quanto os átomos. E para que tenhamos acesso a essa hipervia em que trafegam *bits*/informações que procuramos, uma nova expressão está presente em todos os cenários descritos pelos futurólogos e consultores em TI: "largura de banda", que pode ser definida como a capacidade de enviar informação por um determinado canal (um fio de cobre, um radioespectro ou uma fibra ótica), ou seja, o número de *bits* por segundo que se pode transmitir através de um canal qualquer. Gilder, em seu livro *Telecosmo: a era pós-computador* (2001, p.8-9), nos aponta as possibilidades da exploração do acesso massivo à "banda larga".

> A era do computador – a era do microchip, que em um livro anterior chamei de microcosmo – está acabando não porque fracassou nem porque está saturada, mas porque o próprio microcosmo deu origem a uma nova era. Ele gerou uma nova tecnologia que está transformando a cultura, a economia, a política de forma muito mais profunda que a anterior. A era do computador está acabando diante da única força que poderia superar em impacto a capacidade do computador de processar e criar informação. É a comunicação, que é mais essencial aos seres humanos do que a computação. A comunicação é a forma pela qual moldamos uma personalidade, uma família, uma empresa, uma nação e o mundo "O telecosmo" – o mundo habitado e tornará a comunicação humana universal, instantânea, com ilimitada capacidade e livre de margens. Na indústria, o termo mais comum utilizado para retratar o poder da comunicação é largura de banda. Na nova economia a largura de banda substituí o poder do computador como força motriz do avanço tecnológico. A visão telecósmica da

8 Segundo dados da Pyramid Research Consultoria, "até 2011, 60% da população mundial terá pelo menos uma linha de celular, o que representará um mercado de quatro bilhões de consumidores. Na América Latina, esse número será de 440 milhões, algo em torno de 80% da população da região". Disponível em: http://wnews.uol.com.br/site/noticias/materia.php?id_secao=4&id_conteudo=8051.

largura de banda representa o que a Lei de Moore fez para a computação: define a direção do avanço tecnológico, os vetores de crescimento, os pontos certeiros para as finanças.

O que chamamos, por hora, de TV digital tem, possivelmente, em seu projeto, as características que Gilder descreve para facilitar o processo de comunicação entre os usuários do sistema: largura de banda. Na recepção digital, o canal de 6 MHz é banda suficiente para transmitir um canal de vídeo com imagem em alta definição (HD ou *High Definition*) ou quatro canais em Definição Padrão (SD ou *Standard Definition*), e ainda sobra espaço para as transmissões de dados (*Data Casting*) e para receptores móveis (celulares) em baixa definição (LD ou *Low Definition*). Uma informação sempre omitida é a largura de banda para *up-load*, que na TV digital corresponde ao "canal de retorno", ou seja, a forma como o usuário se comunica com o sistema.

T-learnning

T-learning pode ser definido como "o acesso a objetos educacionais[9] em mídia rica[10] (*rich media*) através de aparelhos de TV ou dispositivos mais parecidos com a TV do que um computador pessoal" (Bates, 2003). *T-learning* também pode ser descrito como a convergência de *cross-media* com o Ensino a Distância (EaD ou *e-learning*), sendo que podemos definir *cross-medi*a como o uso de mais de uma mídia (Aarreniemi-Jokipelto, documento eletrônico). Na Figura 2, estabelecem-se as várias tecnologias que compõem o *T-learning*.

---

9 De acordo com Tarouco (2003), "objetos educacionais podem ser definidos como qualquer recurso, suplementar ao processo de aprendizagem, que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem. O termo objeto educacional *(learning object)* geralmente aplica-se a materiais educacionais projetados e construídos em pequenos conjuntos com vistas a maximizar as situações de aprendizagem onde o recurso pode ser utilizado. A ideia básica é a de que os objetos sejam como blocos com os quais será construído o contexto de aprendizagem".

10 *Rich media* são aplicativos que suportam imagens estáticas (fotografias e ilustrações), áudio, vídeo, animações e que proporcionam interatividade com o usuário (segundo o glossário do site Medbroadcast (http://www.medbroadcast.com/channel_section_details.asp?text_id=2167&channel_id=1031&relation_id=6738. Acesso em: 15 maio 2007). O termo também é definido como sinônimo de multimídia, segundo a Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Rich_media. Acesso em: 15 maio 2007).

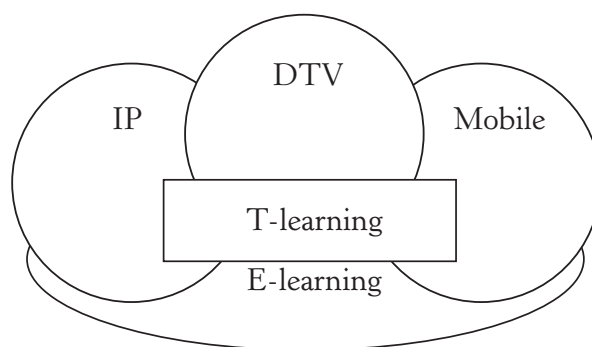



Figura 2: Convergências de tecnologias no *T-learning*. (Fonte: Aarreniemi-Jokipelto, documento eletrônico).

Assim como em Lytras (2002) e Aarreniemi-Jokipelto (documento eletrônico) compartilhamos a ideia de que *T-learning* é a convergência de duas tecnologias: Televisão e Ciências da Computação (mais especificamente a internet). Desta forma, um objeto educacional desenvolvido para *T-learning* deve integrar plataformas diversas, como internet (*Internet Portocol* ou IP), TV digital (*Digital Television* ou TVD), dispositivos móveis[11] (*Mobile*) como celulares, PDAs (*Personal Digital Assistants*) e *SmartPhones (*os "celulares inteligentes", com maior capacidade de processamento*)*, entre outros, além de levar em consideração os estudos propostos em EaD (*e-learning*).

Para a utilização do *T-learning*, encontramos em Bates (2003), citado por Gomes (documento eletrônico), os argumentos para o uso mais amplo da TV no campo do EaD:

- A maioria das pessoas tem acesso à televisão em casa.
- Nem toda família terá um computador conectado à internet.
- A TV é um dispositivo de fácil uso.
- Pessoas tendem a acreditar no conteúdo que está na TV.
- A TV tem o potencial de atingir mais pessoas e oferecer mais oportunidades de aprendizagem que as instituições de aprendizagem tradicionais.

Pulkkinen (2001) descreve as implicações e demandas educacionais para uma sociedade da informação globalizada:

11 Dispositivos móveis são aparelhos eletrônicos portáteis que possuem capacidade de processamento e permitem a mobilidade do usuário baseada na comunicação sem fio (*wireless*) que podem ser transportados para qualquer lugar e não dependem de fonte externa de energia. (Campos, documento eletrônico).

- Necessidade de maior acesso à educação para todos.
- Educação continuada por toda a vida.
- Educação formal e vida no trabalho.
- Demanda por habilidades mais gerais e flexíveis, como resolução de problemas de busca de informações e autoaprendizagem.
- Disponibilidade para conexões e interações.

Segundo Aarreniemi-Jokipelto (documento eletrônico), o processo de aprendizagem é parte importante no *T-learning*, e o próprio sistema permite que o aluno tenha um papel ativo em seu processo de aprendizagem. O *T-learning* permite ainda ao estudante construir e até mesmo criar conhecimento, que pode ser mais ser visto como veículo para o desenvolvimento de habilidades intelectuais e comunicacionais do que a posse ou propriedade de uma educação dita superior. Uma de suas maiores vantagens é o aprendizado personalizado, uma das principais características da TV interativa[12]. O acesso ao conteúdo pode ser feito de forma síncrona ou assíncrona[13].

Aarreniemi-Jokipelto (documento eletrônico) sustenta que a implantação de um modelo de *T-learning* ajuda a descrever as oportunidades de aprendizagem proporcionadas pela TV interativa e deve incluir dois níveis: o geral e o da funcionalidade. O nível geral deve levar em consideração a tecnologia e o tipo de aprendizagem e pode ser representado pela Tabela 2, onde é marcado o tipo de aprendizagem e a tecnologia indicada.

---

12 Segundo Lytras, (2002, p.04), as principais características da TV interativa são: 1 – Personalização: a possibilidade de o usuário moldar os serviços oferecidos conforme sua necessidade; 2 – Digitalização: essencial nos aplicativos para *T-learning* e que garante a qualidade de som e imagem, que são prerrequisitos para a visualização do conteúdo e importante fator para a visualização do conhecimento; e 3 – Interatividade: a possibilidade de interagir com os outros atores do sistema.

13 Comunicação assíncrona: termo utilizado em educação a distância para caracterizar a comunicação que não ocorre exatamente ao mesmo tempo, não simultânea. Dessa forma, a mensagem emitida por uma pessoa é recebida e respondida mais tarde pelas outras. Exemplos: curso por correspondência, correio eletrônico e algumas teleconferências computadorizadas. É o oposto de comunicação síncrona, a comunicação que ocorre exatamente ao mesmo tempo, simultânea. Dessa forma, as mensagens emitidas por uma pessoa são imediatamente recebidas e respondidas por outras pessoas. Exemplos: ensino presencial, conferências telefônicas e videoconferências (Menezes, 2002).

Tabela 2: Nível geral do modelo de *T-learning* – Aarreniemi-Jokipelto (documento eletrônico).

Tipo de aprendizagem			
Formal			
Não formal			
Informal			
Edutretenimento			
Tecnologia	TV Digital	IP	Dispositivos móveis

A utilização deste modelo nos permite utilizar diferentes tecnologias para implementar as possibilidades de aprendizagem, e podemos tomar como exemplo o uso da TVD como tecnologia primária, e o uso da internet e dispositivos móveis como mídias secundárias. Assim, a aprendizagem por TV Digital Interativa tem predominantemente características de educação informal e edutenimento, mas caminha gradualmente em direção a uma aprendizagem mais engajada (Aarreniemi-Jokipelto, documento eletrônico).

O nível seguinte, da funcionalidade, é representado por vários atributos do *T-learning* :

- Nível do *T-learning* na aprendizagem ou curso – *T-learning* pode ser usado como única forma de aprendizagem ou não (estratégias presenciais ou via *web*, p.ex.).
- Material utilizado – a TV utiliza prioritariamente vídeos, mas existe a possibilidade de textos, animações e videogames, entre outras.
- Interação – as possibilidades de interatividade[14] facilitam a comunicação entre as partes envolvidas no processo.
- Processo de aprendizagem, construção do conhecimento – permite ao aluno ter um papel ativo na construção de seu conhecimento.
- Tarefas – podem ser facilitadas por ferramentas tecnológicas.
- Avaliação – necessária na educação formal. No caso da educação informal, pode ser, p.ex., autoavaliação.
- Personalização – a possibilidade de o usuário moldar os serviços oferecidos conforme sua necessidade (Lytras,2002, p.04).

14 Para informações mais detalhadas sobre interatividade; ver o artigo "Interatividade: Uma Mudança Fundamental do Esquema Clássico da Comunicação"; de Marco Silva. Disponível em: http://www.comunica.unisinos.br/tics/textos/2000/2000_ms.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2007.

Edutretenimento

Ainda nos dias de hoje, o termo "entretenimento" é entendido como atividade desenvolvida nos períodos de lazer. Assim, raramente se relaciona com o tempo destinado a atividades laborais ou produtivas, sendo considerada uma forma de "distração" ou "passatempo", localizada entre os intervalos destinados ao descanso e ao trabalho. Seguindo o senso comum, somos tentados a reproduzir a divisão clássica do dia em três períodos de oito horas cada, respectivamente destinados ao trabalho, lazer e descanso, notadamente o sono. Bucci (2006) aponta algumas considerações sobre o termo que, segundo o Dicionário Etimológico de Antenor Nascentes (1932), tem origem no vocábulo espanhol *entretenimiento* com registros iniciais que remontam ao século XVI e que deriva do verbo latino *intertenere* (*inter* = entre e *tenere* = ter), que significa deter, distrair, enganar, sinônimos que denotam o caráter negativo da palavra já em seu surgimento. Trigo (2003) relata que esses significados estavam atrelados ao conceito de pecado e que eram pertinentes, até o século XIX, às atividades permitidas às elites, que entre as camadas estratificadas socialmente eram aquelas que dispunham do tempo considerado ocioso para destinar ao entretenimento. Na mesma época, a palavra estabeleceu relações com o consumo popular e migrou da ideia de comportamento desregrado para uma conceituação que exprimia um sentido de desaprovação, até depreciativo, uma vez que era associada a elementos opostos à erudição representados pela cultura da elite de então ou a chamada "arte elevada". Segundo Gabler (2000), "um dos dogmas da cultura era que a arte exigia esforço para ser apreciada, sobretudo esforço intelectual, mas o entretenimento não fazia nenhuma exigência a seu público". Para o mesmo autor, os aristocratas consideravam o entretenimento popular simplesmente diversão alienante e com possibilidades corruptivas, que na verdade era, para além da estética, uma discussão sobre poder – "o poder de substituir a velha ordem cultural por uma nova ordem, o poder de substituir o sublime pelo divertido".

Para Queiroga (documento eletrônico), a palavra edutretenimento é um neologismo importado do inglês *edutertainment*, que naturalmente reduziu-se a *edutainment* (edutenimento) e "refere-se a espetáculos, shows, eventos, programas de rádio e TV, que em sua proposta, fundamentação, programação e formato, apresentam através do entretenimento, conteú-

do educativo para o público participante". Conforme Blanco (documento eletrônico):

> Edutainment es una extensión de las teorías que defienden que la actividad lúdica, además de entretener, potencia la maduración del ser humano pues afecta al cambio de comportamiento del saber, al intelecto, al desarrollo motor, a lo afectivo y a lo social (Blanco, 2006, p.3).

Para Singhal e Rogers (2002), em uma perspectiva histórica, quando de seu surgimento e, ainda sobre o a nomenclatura de "*Entertainment-Educacion*" (E-E), os produtos desenvolvidos não envolviam em seu projeto ou validação a participação de acadêmicos, como já supracitado por Love (documento eletrônico, 2003). O vocábulo é definido pelos mesmos autores como "a locação intencional de conteúdos educacionais em mensagens de entretenimento", e não pode ser considerado, conceitualmente, como uma das teorias da comunicação, mas sim uma forma estratégica de disseminar ideias que promovam mudanças comportamentais e sociais em um determinado público ou comunidade. Assim, *Entertainment – Education* ou Entretenimento – Educação (E-E) é a utilização das formas comunicacionais massivas e de entretenimento como ferramentas para a mudança de comportamento da audiência com objetivos sociais e/ou educativos, com questões como planejamento familiar, alfabetização de jovens e adultos e temas ligados à saúde, como Aids, DST (Doenças Sexualmente Transmissíveis), obesidade etc. Os produtos de E-E são veiculados principalmente nas mídias tradicionais, como o rádio e a televisão, e utilizam o "Método Sabido"[15] em sua produção, quando são criadas obras originais que abordam em sua trama os temas propostos e demandados pela sociedade.

Já para Tufte & Obregon (2008) a história conhecida do edutretenimento apresenta, em compêndio, a seguinte cronologia (Tabela 3):

15 Miguel Sabido fue Vicepresidente de Investigaciones del Consorcio de televisión mexicana, Televisa, durante los años 1970, 80 y 90. En ese puesto, Sabido desarrolló un modelo teórico para producir cambios prosociales en actitud, información y conducta a través de la programación de la televisión comercial. A ello le llamó, entretenimiento con un beneficio social comprobado, y que después fue traducido al inglés por Entertainment-Education, y actualmente es un movimiento mundial. Disponível em < http://www.miguelsabido.com >. Acesso em: 02 maio 2009.

Tabela 3: Cronologia do E-E segundo Tufte & Obregon (2008).

Anos 30 do século XX.	*Popeye, o marinheiro* (EUA, 1934).
Anos 50 do século XX.	*The Archers* (Ing.).
Anos 60 do século XX.	*Simplemente María* (Peru, 1969).
Anos 70 do século XX.	Novelas de Miguel Sabido (México, a partir de 1970).
Anos 90 do século XX.	Proliferação do E-E como estratégia em shows, radionovelas, programas de TV, aplicativos de computadores e videogames.

Mörtsell (2007) afirma que existe um grau de dificuldade em distinguir informação de educação uma vez que a educação traz consigo a informação: "*with education the intention is to teach someone something, while information is less formal, more optional*" (Mörtsell, 2007). A Figura 3 mostra a ponte entre entretenimento e educação e seus gêneros híbridos.[16]

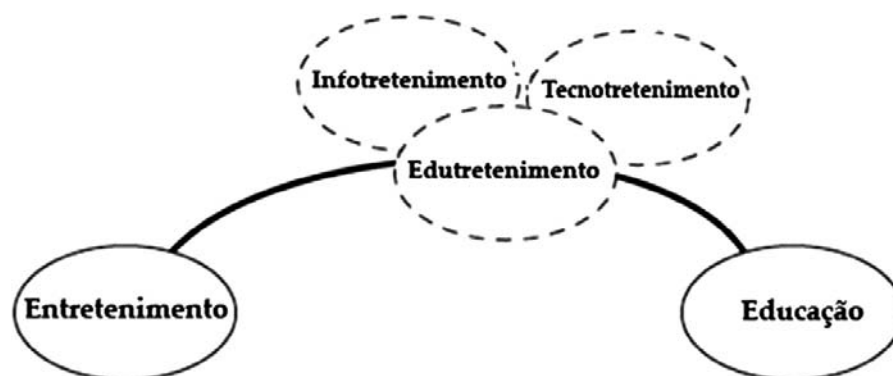



Figura 3: Entretenimento e educação e seus gêneros híbridos.

Os conceitos de edutretenimento (*Edutertainment*) e edutenimento (*Edutainment*) são difusos e por vezes se confundem, e torna-se prudente utilizá-los como sinônimos. Segundo Love (2005), os autores Singhal e Rogers (2002) afirmam que já é tempo dos pesquisadores "prestarem maior atenção aos vários tipos de intervenções do edutretenimento, incluindo diferenças em seus objetivos, tamanho, alcance, intensidade e outros atributos". Greenberg et al. (2004) [17]afirmam que cada definição de Edutrete-

16 Elaborado a partir de Mörtsell (2007) e adaptado pelo autor desta Tese. Gráfico original disponível em: <http://www.cs.umu.se/education/examina/Rapporter/DavidMortsell.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2009.

17 No capítulo 10 do livro Entertainment-education and social change (Singhal et al.). intitulado "Evolution on an E-E Reseach Agenda". Disponível em: < http://books.google.com.br/books?id=MGFewqwUrQkC&printsec=frontcover&source=gbs_v2_summary_r&cad=0 >. Acesso em: 03 jul. 2009.

nimento enfatiza uma diferente faceta do conceito. Assim pode-se aceitar a concepção básica de Singhal (1990), na qual edutretenimento é "disponibilizar conteúdo educacional nas mensagens midiáticas de entretenimento".

Considerações finais

Este texto apresenta para a consideração e discussão uma conceituação básica de TV digital e edutretenimento e sua utilização para a produção de conteúdos audiovisuais que compartilhem os conceitos e modelos propostos pelo *T-learning* como alternativa viável para a produção de programas educativos via TV digital.

Referências bibliográficas

AARRENIEMI-JOKIPELTO, P. *T-learning Model for Learning Via Digital TV*. Industrial IT Laboratory. Helsinki University of Tecnology. Disponível em: http://www.it.lut.fi/eaeeie05/proceedings/p21.pdf>. Acesso em: 02 maio 2007.

ADAMS, M., ANAND, P. & FOX, S. *Interactive television: Coming soon to a television near you.* 2001. Disponível em: <http://www.ranjaygulati.com/new/research/INTERACT.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2007.

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações. *Relatório Integrador dos Aspectos Técnicos e Mercadológicos da TV Digital,* 2001. Disponível em :<www.anatel.gov.br>. Acesso em: 12 maio 2006.

BATES, P. J. *T-learning Study: A study into TV-based interactive learning to the home.* Prepared by pjb Associates, UK. May 2003. This study is being conducted by pjb Associates, UK with funding from the European Community under the IST Programme (1998-2002). Disponível em: <http://www.pjb.co.uk/t-learning/contents.htm>. Acesso em: 08 maio 2007

BLANCO, B. M. El Videojuego Como Material Educativo: La Odisea. ICONO 14 – *Revista de Comunicación Audiovisual e Nuevas Tecnologias,* n.7, 2006. ISSN 1697-8293. Disponível em: http://www.icono14.net/revista/num7/articulo%20BELEN%20MAINER2.htm>. Acesso em: 23 abr. 2007.

BUCCI, E. A TV Pública não faz, não deveria dizer que faz e, pensando bem, deveria declarar abertamente que não faz entretenimento. In: FÓRUM NACIONAL DE TV´S PÚBLICAS: DIAGNÓSTICO DO CAMPO PÚBLICO DE TELEVISÃO, 1, 2006, Brasília. *Caderno de debates*... Brasília, Ministério da Cultura, 2006. Disponível em: < http://www.cultura.gov.br/upload/livro_TVs_24-11_1164825028.pdf >. Acesso em: 05 fev. 2009.

CPqD. *Cadeia de Valor*. Projeto Sistema Brasileiro de Televisão Digital (2004). Disponível em: <www.cpqd.com.br>. Acesso em: maio de 2006.

ESPIAL Whitepapers series (2001). *An interactive digital TV whitepaper: Breaking out the box*. 2001

GABLER, N. *Vida, o Filme: Como o Entretenimento Conquistou a Realidade*. São Paulo: Cia. das Letras. 2000

GADOTTI, M. *A Questão da Educação Formal/Não Formal*. Institut International Des Droits De L'enfant (IDE). Droit à l'éducation: solution à tous les problèmes ou problème sans solution?. Sion (Suisse), 2005. Disponível em: <http://www.paulofreire.org/Moacir_Gadotti/Artigos/Portugues/Educacao_Popular_e_EJA/Educacao_formal_nao_formal_2005.pdf>. Acesso em: 02 maio 2007.

GAWLINSKI, M. *Interactive Television Production*. Oxford, England: Focal Press, 2003.

GILDER, G. *Telecosmo: A era pós-computador*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

GOMES, F. J. L & LIMA, J. V. *O papel como interface para o t-learning*. Novas Tecnologias na Educação. CINTED-UFRGS, v.3, n.2, novembro, 2005. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/nov2005/artigosrenote/a72_t-learning.pdf>. Acesso em: 24 maio 2007.

GRIFFTHS, A. *Digital Televisions Strategies*. Nova Iorque: Paulgrave Macmillan, 2003.

HOINEFF, N. *Produção de conteúdo: TV digital e o desastre anunciado,* artigo de publicado no site do Observatório da Imprensa. Disponível em: < http://observatorio.ultimosegundo.ig.com.br/artigos.asp?cod=298TVQ001>. Acesso em: 10 set. 2006.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Digital life – *Internet Report,* 2006. Disponível em <http://www.itu.int/osg/spu/publications/digitalife/>. Acesso em: 07 jan. 2007.

LOVE, G. D. *An Entertainment-Education Video as a Tool to Influence Mammography Compliance Behavior in Latinas*. Department of Communications, California State University – Fullerton, 2003. Publicado em AEJMC Archives – Central Michigan University. Disponível em: < https://ls2.cmich.edu/cgi-bin/wa?A2=AEJMC;383eXQ;20031001074342-0400 >. Acesso em: 12 fev. 2008.

LYTRAS, M. *Interactive Television and e-learning convergence: examining the potencial of t-learning*, ELTRUN 2002.

MÖRTSELL, D. *Interactive Storytelling for Differents Platforms*. 2007. Disponível em http://www.cs.umu.se/education/examina/Rapporter/DavidMortsell.pdf >. Acesso em: 12 jan. 2009.

NASCENTES, A. *Dicionário etimológico da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1932.

NEGROPONTE, N. *A vida digital*. São Paulo: Companhia da Letras, 1995.

PERES, Marcelo. *Largura de Banda em CFTV*. Disponível em: <http://www.guiadocftv.com.br/modules/smartsection/item.php?itemid=14>.Acesso em: 14 maio 2007.

QUEIROGA, A. *O que é Edutretenimento?* Disponível em http://www.aqb.com.br/aqb/artigo.php?no=02>. Acesso em: 03 abr. 2007.

SINGHAL, A.; EVERETT M. R. *A Theoretical Agenda For Entertainment-Education.* Communication Theory, Communication Theory, v.12, n.02, p.117-135, 2002. Disponível em: < http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118959128/PDFSTART>. Acesso em: 20 out. 2008.

TAROUCO, L. M. R.; FABRE, M. C. J. M.; TAMUSIUNAS, F. R. Reusabilidade de objetos educacionais. *Novas Tecnologias na Educação* - CINTED-UFRGS, v.1, n.1, fevereiro, 2003. Disponível em: http://www.cinted.ufrgs.br/renote/fev2003/artigos/marie_reusabilidade.pdf>. Acesso em: 10 maio 2007.

TRIGO, L. G. G. *Entretenimento: uma crítica aberta*. Senac, São Paulo, SP, 2003

TUFTE, T.; OBREGON, R. *Entertainment-Education: A Critical Assessment of the History and Development*. Ørecomm Global Launch Panel, PCR Section, IAMCR World Congress Stockholm, 22 July 2008. Documento eletrônico em formato Powerpoint. Disponível em: <orecomm.net/wp-content/uploads/2008/07/orecommlaunch2008.pps>. Acesso em: 12 jan. 2009.

13
A construção de um objeto de aprendizagem como exemplo de transposição didática de um conteúdo de Ciências

Dalva Mariana Affonso[1]

Wilson Massashiro Yonezawa[2]

Introdução

A informática educativa no Brasil tem suas raízes históricas plantadas em 1971, quando pela primeira vez se discutiu o uso de computadores no ensino de Física, em seminário promovido pela Universidade de São Carlos, com assessoria de um especialista da Universidade de Dartmouth/USA (Moraes, 1993). Três décadas após o início da discussão do uso de computadores nas salas de aula, a informática está inserida em quase todas as esferas da educação brasileira. Atualmente, a discussão gira em torno de como as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) podem e devem ser utilizados na escola.

Os Objetos de Aprendizagem (OAs) representam uma TIC. A expressão *objeto de aprendizagem* (*learning object*) geralmente refere-se a materiais educacionais projetados e construídos em pequenos conjuntos com vistas a maximizar as situações de aprendizagem nas quais o recurso pode ser utilizado (Tarouco, 2003), que, de acordo com Wiley (2002), OAs são elementos de um novo tipo de instrução computacional, com base no paradigma de orientação a objetos da ciência da computação:

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: dalva.mariana@gmail.com.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Professor do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: yonezawa@fc.unesp.br.

> Um objeto de aprendizagem é qualquer recurso que possa ser reutilizado para dar suporte ao aprendizado. Sua principal ideia é "quebrar" o conteúdo educacional disciplinar em pequenos trechos que podem ser reutilizados em vários ambientes de aprendizagem. Qualquer material eletrônico que provê informações para a construção de conhecimento pode ser considerado um objeto de aprendizagem, seja essa informação em forma de uma imagem, uma página HTM, uma animação ou simulação (Rived, 2003).

Sendo assim, os OAs como materiais pedagógicos devem ser desenvolvidos para transmitir um determinado conhecimento. E para que ocorra a transmissão ou comunicação do conhecimento, faz-se necessário que o conhecimento seja transformado. Em meados da década de 1980, emerge no campo educacional com a teoria da "transposição didática", de Yves Chevallard. Essa teoria expõe enfaticamente a distância necessária entre os saberes a serem ensinados e seus saberes de referência (Leite, 2004).

Segundo Chevallard (1991, p.31 apud Pinho Alves, 2001), a transposição didática é entendida como um processo no qual

> um conteúdo do saber que foi designado como saber a ensinar sofre a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que transforma um objeto do saber a ensinar em um objeto de ensino é denominado de Transposição Didática.

Moran (2002, p.24) compreende que "o conhecimento se dá fundamentalmente no processo de interação, de comunicação". Os conhecimentos científicos, à medida que são elaborados, passam por processos de codificação, sendo que os processos didáticos devem considerar os códigos científicos. Contudo, tais códigos passam por uma decodificação ou transposição para ser apreendida pelos alunos. A escola, dentre suas principais funções, tem o papel da transmissão de conhecimentos produzidos pela humanidade.

A escola é, também, uma instituição estabelecida pela sociedade para transmitir a herança cultural de um tipo específico de conhecimento construído pela espécie humana pelos séculos: as Ciências. Para muitos, esse conhecimento constitui um saber complexo e dogmático, expressado em uma linguagem difícil, estando em mãos de uma minoria, a comunidade científica, que é a única capaz de entendê-lo e progredir neste campo (Pujol, 2003).

Segundo Pujol (2003), a finalidade da educação para a Ciência no Ensino Fundamental é ser um ponto a mais na formação dos alunos como cidadãos

conscientes e comprometidos com o mundo em que vivem. O Ensino de Ciências deve ir além da transmissão de conhecimentos, métodos de experimentações ou tipo de raciocínio. Supõe também oferecer elementos para ver qual o impacto das descobertas da Ciência na evolução da sociedade e na configuração de seus valores.

O propósito deste texto será apresentar o desenvolvimento do conteúdo do OA "Do alimento a digestão" (Affonso, 2008), embasado na teoria da transposição didática, utilizando-se para tal do *design* instrucional e da confecção de um mapa conceitual, bem como do impacto do uso do OA na escola.

Delimitação do tema: sistema digestório humano

A escolha do tema para elaboração do OA tomou como referência os propósitos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que se refere ao corpo humano como um todo dinâmico e que interage com o meio ambiente, sendo que, na realidade, no processo de ensino, essa questão se constitui um obstáculo, tanto para alunos quanto para professores. Optou-se, então, por realizar um estudo mais aprofundado no que diz respeito aos limites e possibilidades de uma experiência didática com o uso do computador, para que fosse simulado o processo de nutrição, em especial a questão de absorção dos nutrientes pelo sistema circulatório.

Quando se fala em digestão, o tema nutrição tem peso importante na delimitação desse assunto. Por nutrição entende-se o conjunto de todos os mecanismos que permitem aos seres vivos adquirir energia e materiais do ambiente em que vivem para que seja possível a continuidade de sua vida (Pujol, 2003).

Segundo essa mesma autora, assim como ocorre com a reprodução e com a nutrição dos seres vivos, a função de relação dos sistemas não se apresenta de forma isolada. No processo de construção de um modelo de ser vivo, não é possível deixar de lado o papel da circulação e da respiração e suas relações com a função da nutrição. Uma visão construtivista e integradora dos sistemas fisiológicos para o ensino dos conceitos da função *nutrição* são propostos pelos PCN. A ideia central a ser trabalhada com os estudantes, segundo esses parâmetros, é a de que os nutrientes são a fonte da energia e das substâncias de construção para todo o corpo, os quais, associados à água, são absorvidos pelos capilares e chegam às células de todos os tecidos do corpo pela circulação, um padrão comum entre os animais com sis-

tema circulatório. Torna-se muito importante indicar o contato dos capilares sanguíneos com o tubo digestivo e outros tecidos do corpo, seu papel na troca de substâncias entre os tecidos, constituídos por células, e o sistema circulatório, apontando-se, também aqui, os modos como diferentes sistemas se integram no corpo (Secretaria de Educação Fundamental, 1998).

Ainda segundo esses parâmetros (Secretaria de Educação Fundamental, 1998), a partir das ideias que os estudantes têm para compreender a digestão dos alimentos no seu próprio organismo, é necessária a construção de uma representação, inclusive em visão tridimensional, do sistema digestório no corpo humano, seus órgãos e anexos (glândulas salivares, fígado, vesícula biliar, pâncreas), com a ajuda de atlas e modelos anatômicos ou informática. Ao se trabalharem os alimentos e os processos mecânicos e químicos da digestão, testes e experimentos são importantes para que tais assuntos sejam vivenciados e refletidos mediante problematizações, por exemplo, sobre a composição dos alimentos, sobre o papel da saliva na digestão, entre outros.

Essa metodologia recomendada pelos PCN veio ao encontro da teoria de transposição didática, para a qual a aprendizagem escolar é o resultado da integração de novos conhecimentos na estrutura cognitiva, porém os novos conhecimentos devem ser transformados para que possam ser ensinados na faixa etária do terceiro ciclo. Chevallard parte do princípio de que o saber acadêmico é extraescolar, porém precede e fundamenta cultural e cientificamente o saber escolar (Chevallard, 1991). Assim, na teoria da transposição didática, é condição essencial a transformação do elemento saber para que este possa se tornar apto a ser ensinado.

Os estudantes conseguem identificar a digestão com o aparelho digestório, entendendo-o como um tubo pelo qual entram e saem os alimentos, mas para uma grande maioria, em seu interior os alimentos seguem caminhos distintos, conforme sejam sólidos ou líquidos. Junto a isso, a ideia mais geral é que a digestão consiste em uma separação de substâncias – o que se pode aproveitar dos alimentos passa ao sangue, e o que não, segue pelo tubo digestório é expulso. Por isso, o sistema digestório foi escolhido como tema desta pesquisa devido à visão macroscópica que os estudantes apresentam sobre esse tema. O objetivo do estudo não é apresentar funções e estruturas internas da célula, mas sim seu papel como componente fundamental dos tecidos de um modo geral, estando de acordo com os interesses e mecanismos de aprendizagem dos alunos como atores do sistema didático defendido por Chevallard (1991). Segundo esse autor, esse sistema é for-

mado por três elementos – professor-aluno-saber –, que interagem a partir de mecanismos que lhe são próprios, que ele denomina de "funcionamento didático". Porém, o elemento saber é colocado de lado nas análises desse sistema, privilegiando apenas a relação professor-aluno (Gabriel, 2001).

Como ferramenta para o ensino desse conteúdo utilizou-se um OA. O OA construído teve como objetivo principal mostrar aos estudantes a integração dos sistemas digestório, circulatório e respiratório, pois, ao contrário das imagens estáticas dos livros didáticos, no OA foi possível a construção de uma animação explicitando essa integração (Figura 1), o que pôde melhorar a compreensão por parte dos alunos.

O uso de animações no OA vem mostrar o mérito do terceiro elemento do sistema didático de Chevallard (1991), o saber.

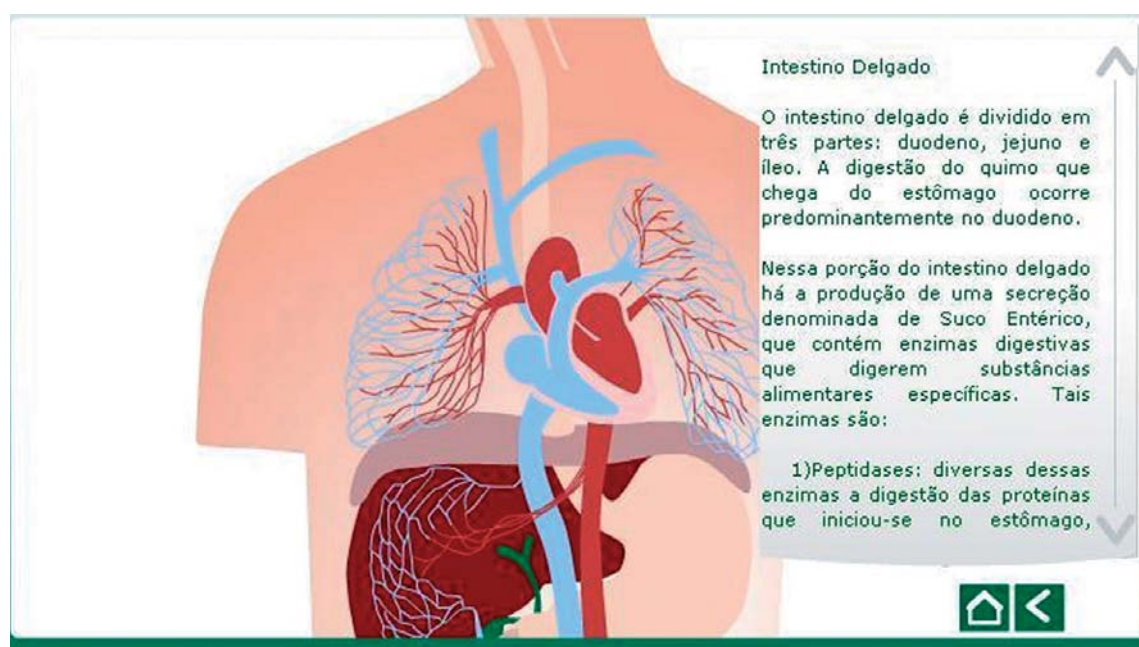



Figura 1: Tela da parte final da animação de OA mostrando a interligação dos sistemas: digestório, circulatório e respiratório.

Transposição didática

Ao definir a transposição didática como sendo um movimento que traduz o processo de transformação do saber acadêmico em objeto de ensino de uma disciplina específica, Chevallard (1991) afirma que nesse movimento, a transformação do saber acadêmico em saber escolar se faz em diferentes instâncias ou etapas. Esse autor identifica dois momentos dessa transposição: a transposição externa, que se passa no plano do currículo formal e/ou

dos livros didáticos, e a transposição interna, que ocorre em sala de aula no momento em que o professor produz o seu texto de saber, isto é, no decorrer do currículo em ação. O OA denominado *Do alimento à Digestão* constitui uma proposta de recurso didático para o Ensino Fundamental preparado tendo em vista o sistema digestório humano, exemplificando a transposição externa citada por Chevallard (Gabriel, 2001).

O OA sobre digestão enfatiza os nutrientes como fonte de energia e as substâncias de construção para todo o corpo, as quais, associados à água, são absorvidos pelos capilares. Foram abordados também temas ambientais e sociais. Foram selecionados tópicos para compor o OA objetivando-se a construção das seguintes ideias pelos estudantes: processos mecânico e químico da digestão dos alimentos; visão tridimensional do sistema digestório e seus órgãos; nutrientes como fonte de energia para o corpo; absorção dos nutrientes pelos capilares e chegada às células de todos os tecidos do corpo pela circulação; a produção dos alimentos; valor nutritivo dos alimentos consumidos; o papel da mídia no incentivo ao consumo de alimentos industrializados e desvinculados das necessidades nutricionais diárias, bem como as consequências do uso de agrotóxicos e dos aditivos alimentares para conservação e alteração das características do alimento, temas relacionados com o eixo Saúde, Trabalho e Consumo (Secretaria de Educação Fundamental, 1998).

Os textos do OA foram redigidos a partir da pesquisa bibliográfica em diversas fontes de informação, incluindo livros técnicos (didáticos e de Ensino Superior) e de divulgação científica, revistas especializadas e jornalísticas, e *sites* da *internet*. Procurou-se adequar a abordagem ao terceiro ciclo (8º ano) do Ensino Fundamental, com ênfase em aspectos conceituais. A redação do OA segue o que Chevallard denomina transposição externa, ou seja, o saber acadêmico foi transformado em saber escolar, fora da sala de aula, por outros que não o professor.

Para tal processo de transformação, utilizou-se de um *design* instrucional. Um projeto instrucional (*instructional design)* é uma análise das necessidades de aprendizagem e o desenvolvimento sistemático de instrução (Filatro, 2004). O desenvolvimento do material instrucional, na maioria das vezes, segue um modelo sequencial de cinco fases: Análise, Projeto, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação (Apdia). Entretanto, para a elaboração deste OA, as fases projeto e desenvolvimento foram realizadas ao mesmo tempo. A união dessas duas etapas facilitou a transformação do saber acadêmico em saber escolar. As fases do *design instrucional* do OA podem ser vistas na Figura 2.

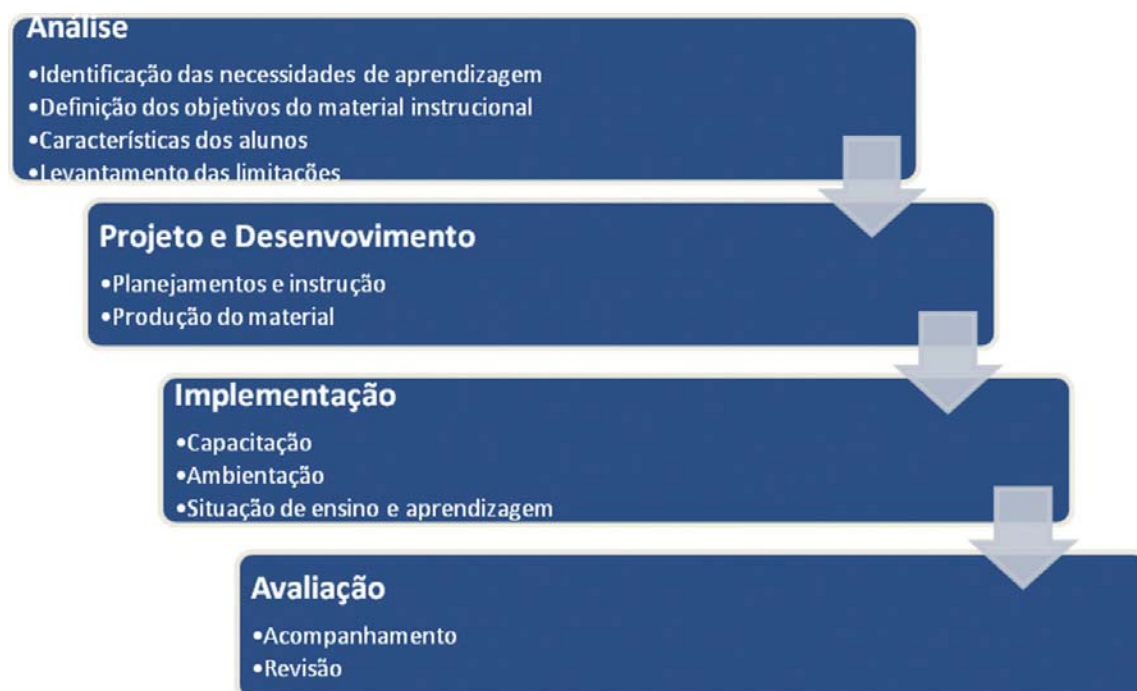



Figura 2: *Design Instrucional* utilizado para transpor o conteúdo do sistema digestório para a 7ª série do Ensino Fundamental.

Além do uso do *design instrucional* nas fases de projeto e desenvolvimento, usou-se um mapa conceitual para delinear o conteúdo que deveria constar do OA (Figura 3). Segundo Novak (1998), o uso de mapas conceituais no planejamento ou na instrução de um assunto específico ajuda a fazer o conceito instrucional transparente para os estudantes.

A utilização desses dois recursos para transformar o objeto do saber (Chevallard, 1991), sobre sistema digestório, em objeto de ensino para o terceiro ciclo do Ensino Fundamental foi de grande ajuda, pois por meio dessas duas ferramentas foi possível utilizar não apenas a metodologia, mas também a teoria da transposição didática de Chevallard . Segundo ele, no plano teórico, a discussão remete-se para a passagem de um outro tipo de saber, o que justifica a necessidade da introdução no campo da didática de uma reflexão epistemológica que leve em conta a pluralidade de saberes. Enquanto que no plano metodológico, esse conceito permite tomar distância, interrogar as evidências, desfamiliarizar-se da proximidade enganadora entre os saberes, oferecendo, assim, a possibilidade ao pesquisador de exercer uma constante vigilância epistemológica, indispensável a esse tipo de reflexão.

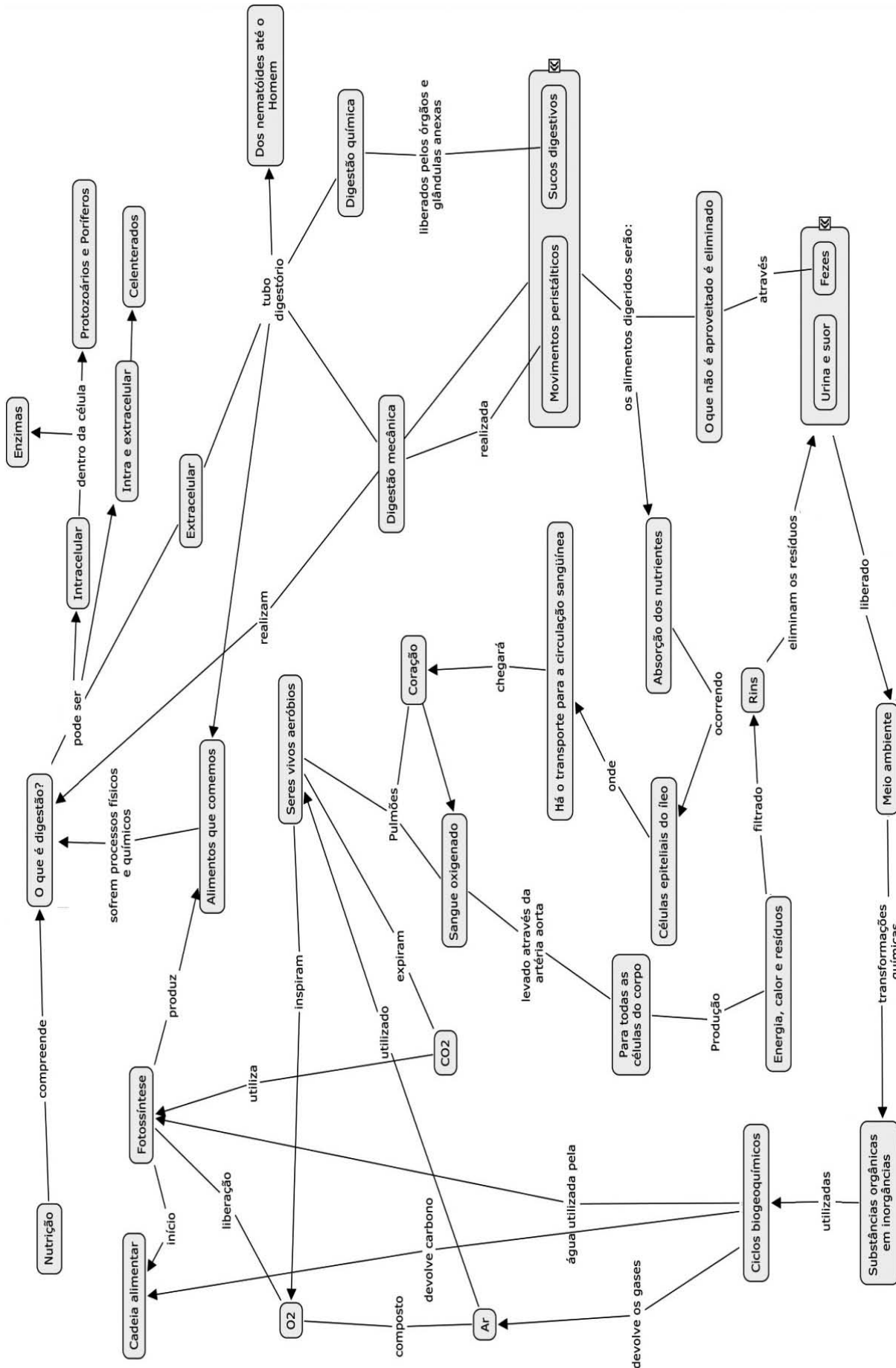



Figura 3: Mapa conceitual para construção do OA.

Uso do OA na sala de aula

O OA foi organizado em fases. As fases e textos do OA estão listados a seguir:

a) Visão inicial: reúne o texto introdutório sobre alimentação e sua importância.
b) Obtenção dos alimentos: abrange os textos sobre o tipo de nutrição humana, o que é dieta, o que são nutrientes e como chegam até nós, com ilustrações sobre de onde vêm os alimentos.
c) "Fazendo" o prato: descreve os três principais macronutrientes, carboidratos, proteínas e lipídeos. O texto apresentado é modificado conforme o usuário clica em um determinado tipo de alimento.
d) Almoçando: congrega os textos sobre a boca, dentes e saliva.
e) Engolindo a comida: inclui os textos sobre deglutição e enzimas.
f) Digestão e absorção: compreende os textos referentes aos processos químicos e físicos da digestão no estômago e intestino delgado e a absorção dos nutrientes e sua posterior distribuição pelo sistema circulatório.

Os textos encontram-se ilustrados com imagens e animações, visando enriquecer o conteúdo e facilitar a formação de conexões não arbitrárias e substanciais na estrutura cognitiva do estudante. A estrutura do OA foi estabelecida de modo a permitir a exploração dos conceitos segundo o princípio da *diferenciação progressiva,* procurando favorecer o percurso de trilhas – sequências de telas –, em que se parte dos aspectos mais gerais para se alcançar os de maior grau de especificidade (Machado, 2006). Por exemplo, ativando-se os *links* disponíveis, pode-se iniciar a leitura sobre deglutição, passar ao estudo das enzimas, seguir para o texto sobre os movimentos peristálticos, continuar acessando informações sobre os processos químicos, conectar-se à seção sobre absorção e concluir examinando a distribuição dos nutrientes pela circulação sanguínea.

Foi observado, durante o desenvolvimento das atividades, que as alunas aplicaram, pelo menos em parte, os conhecimentos adquiridos nas leituras, especialmente naquelas que tratavam dos conceitos relacionados à finalidade dos alimentos na alimentação humana. Foi percebido que as atividades proporcionaram uma oportunidade de utilizar os conceitos cien-

tíficos e integrar valores e saberes para adotar suas decisões em relação aos objetivos, conforme descrito por Zabala (1998). É claro que, para saber se estenderiam essa competência para outros campos da atividade humana, seria preciso um trabalho de investigação mais amplo, que foge ao escopo da presente pesquisa. Quanto aos conceitos, observou-se que as estudantes os empregaram de uma forma que ainda não é adequada do ponto de vista científico, notando-se uma forte influência do senso comum na explicação dos conceitos *digestão* e *absorção*.

Pode-se considerar que, após as intervenções didáticas, as concepções espontâneas dos alunos já não se sustentavam, mas devido ao tempo não foi possível detalhar esses dados. Os conceitos espontâneos foram testados, e as estudantes puderam tomar consciência de suas próprias concepções. Assim como foi evidenciado na metodologia da avaliação como regulação (Pujol, 2003), do processo de ensino e aprendizagem, a tomada de consciência de seus próprios conceitos pelos estudantes os auxilia em seu processo de aprendizagem, visto que os conceitos científicos ficam frente a frente com os conceitos espontâneos, o que permite ao aluno ver a fragilidade de suas concepções, já que elas não se sustentam com argumentos lógicos.

O uso das animações, em particular, foi apontado pelas alunas como elemento motivador para compreensão dos conceitos. Assim como o uso das simulações, que propiciou às estudantes a visualização de como a enzima amilase, por exemplo, age nos carboidratos. A visualização traz ao estudante a concretização de temas que são de difícil abstração. As próprias alunas relataram que sempre ouviam falar sobre enzimas, porém nunca conseguiam imaginar o que eram e como funcionavam.

As estudantes consideraram que aprenderam muitas questões para as quais nunca tinham atentado em sala de aula. Quando questionadas sobre por que dessa observação, não souberam responder.

Segundo as estudantes, a maior dificuldade encontrada durante o ensino do conteúdo foi a compreensão das transformações ocorridas no bolo alimentar quando este chega ao intestino. Para elas, a absorção pelos capilares sanguíneos dos nutrientes é algo muito abstrato, já que seus conceitos sobre tecidos e células estão muito aquém do que poderia se esperar de alunos desse ciclo de ensino.

Por fim, as alunas puderam perceber a integração dos sistemas digestório, circulatório e respiratório, porém, como essa percepção ficou estabelecida não se pode afirmar.

Em face desses resultados, conclui-se que a tecnologia da informação, mais especificamente um OA digital, oferece um potencial a ser explorado para a melhoria do ensino e aprendizagem de conceitos científicos, bem como dos saberes descritos por Zabala (1998), já que o uso do computador para trabalhar com o OA digital não precisa ser restringido a essa tarefa exclusivamente. No entanto, uma abordagem metodológica que possa integrar a tecnologia da informação como ferramenta de uso rotineiro pelo professor e para que o aluno o veja como parte de sua vida escolar mostra-se como uma alternativa viável para a melhoria do Ensino de Ciências e, também, das outras disciplinas. Assim, acredita-se que este trabalho, mesmo que de forma tímida, seja uma contribuição no sentido de apontar alguns rumos que podem ser seguidos.

Considerações finais

A partir das análises observadas na pesquisa, pôde-se inferir que o uso do OA como ferramenta de ensino foi satisfatório no que diz respeito à compreensão dos estudantes em relação ao objeto de ensino que este apresentou. Com efeito, o tema digestão humana como tema central, com o uso do OA, organizado como objeto de ensino segundo a teoria da transposição didática e pressupostos construtivistas, possibilitou a grande parte dos alunos a assimilação de ideias básicas sobre a inter-relação entre os sistemas orgânicos. Segundo a teoria de Chevallard, o sistema didático foi funcional, pois satisfez algumas condições que são impostas pela própria prática pedagógica. Essas condições impostas ao elemento "saber escolar" como a diferenciação entre os saberes acadêmico e escolar, os saberes específicos das Ciências Naturais, as funções sociais, a relação com o saber empírico e os interesses dos alunos sobre sua aprendizagem conteúdo foi fundamental para a compreensão do objeto de ensino. Conforme se apurou, a oportunidade de participar de aulas interagindo com o computador foi valorizada pelos estudantes, em virtude do emprego da máquina ter apoiado a aprendizagem e constituído um diferencial em relação às aulas tradicionais.

O emprego da multimídia para representar o conteúdo em diferentes formatos pode ter implicado maior facilidade entre os conceitos a serem assimilados e a estrutura cognitiva.

As observações das atividades realizadas e as informações fornecidas pelas estudantes indicaram que certas opções metodológicas para o Ensino de Ciências adotadas no OA e nas aulas com o apoio dessa tecnologia trouxeram contribuições para a aprendizagem. Exemplo disso é a simulação.

Referências bibliográficas

AFFONSO, D. M. *Uso de um objeto de aprendizagem no ensino de ciências tomando-se como referência a teoria socioconstrutivista de Vygotsky*. 2008. 116 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Departamento de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências/Unesp, Bauru.

CHEVALLARD, Y. *La transposition didactique:* du savoir savant au savoir enseigné. Paris: La Fenseé Sauvage, 1991.

FILATRO, A. C. *Design instrucional contextualizado:* educação e tecnologia. São Paulo: SENAC, 2004. Disponível em: <http://books.google.com>. Acesso em: 15 jan. 2008.

GABRIEL. C. T. Usos e abusos do conceito de transposição didática (Considerações a partir do campo disciplinar da história). In: SEMINÁRIO "PERSPECTIVAS DO ENSINO DE HISTÓRIA", 4, 2001. Ouro Preto. *Perspectivas*... Ouro Preto: UFOP. Disponível em: <http://www.ichs.ufop.br/perspectivas/anais/GT0509.htm>. Acesso em: 28 jun. 2009.

LEITE, M. S. Yves Chevallard e o conceito de transposição didática. In: ______. *Contribuições de Basil Bernstein e Yves Chevallard para a discussão do conhecimento escolar*. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação) – Departamento de Educação – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0212105_04>. Acesso em: 28 jun. 2009.

MACHADO, D. I. *Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da Hipermídia*. 2006. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Departamento de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências/Unesp, Bauru. Disponível em: <http://www.fc.unesp.br>. Acesso em: 10 dez. 2007.

MORAES, M. C. Informática educativa no Brasil: um pouco de história. *Em Aberto*. Brasília, v.12, n.57, p.17-26, jan/mar. 1993. Disponível em:
<http://www.inep.gov.br/pesquisa/publicacoes>. Acesso em: 08 fev. 2008.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, J. M.; MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A. *Novas tecnologias e mediação pedagógica*. Campinas: Papirus, 2002.

NOVAK, J. D. Concept Maps for course or curriculum development. In: CAÑAS, A. J. *A summary of literature pertaining to the use of concept mapping tech-*

niques and technologies for education and performance support. Pensacola, 1998. Disponível em: <http:// www.ihmc.us>. Acesso em: 05 fev. 2008

PINHO ALVES, J. Regras da Transposição Didática aplicada ao Laboratório Didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física,* v.17. n.2. pp.174-188, ago. 2000.

PUJOL, R. M. *Didáctica de las ciencias em la educación primaria*. Madri: Síntesis, 2003. 351p.

RIVED. *Banco de Dados*. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.rived.mec.gov.br>. Acesso em: 03 fev. 2008.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. *Parâmetros Curriculares Nacionais:* Ciências Naturais, 3º e 4º Ciclos do Ensino Fundamental. Brasília: MEC, SEF, 1998.

TAROUCO, L. M. R. et al. Reusabilidade de objetos educacionais. *Revista Novas Tecnologias na Educação.* Porto Alegre, v.1, n.1, pp.1-11. fev. 2003. Disponível em: < http://www.cinted.ufrgs.br/renote >. Acesso em: 20 abr. 2006.

WILEY, D. Learning Objects need Instructional design. In: ROSSET, A. (Org.). *The ASTD E-Learning Handbook.* New York: McGraw-Hill, p.115-139, 2002.

ZABALA, A. *A prática educativa*: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Parte IV

Formação de conceitos na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTS(A)

14
Temas sociocientíficos e a prática discursiva em sala de aula: um estudo no Ensino Médio

Adriana Bortoletto[1]

Washington Luiz Pacheco de Carvalho[2]

As Relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTS(A)

A abordagem CTS estava extremamente preocupada em inserir, para o ensino de Ciências, temas que trouxessem a complexidade das interconexões da ciência, tecnologia e sociedade, possibilitando uma reconstrução do *status quo* da educação científica.

O desejo de possibilitar a politização de estudantes para a ação inspirou fortemente a inserção de propostas pedagógicas no currículo tradicional, fundamentadas em uma educação política. Diante dessa concepção, o projeto da CTS tinha o intuito de "ensinar conceitos e processos científicos fundamentados numa sociologia da ciência" (Aikenhead, 2005, p.115).

O desenvolvimento de uma estrutura teórica com objetivo de atender a uma educação científica desde a formação de um indivíduo politizado para ação, como também formado de modo a atender às demandas do mercado permitiu que a CTS buscasse almejar aquele "saber" que é o resultado de uma atividade humana motivada por necessidades naturais e interesses, porém buscando a unicidade de conhecimento e interesse.

---

1 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/*campus* de Bauru. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. E-mail: adribortto@hotmail.com.

2 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia/*campus* de Ilha Solteira. Professor adjunto, Departamento de Física e Química. E-mail: washcar@dfq.feis.unesp.br.

Desse modo, o educando necessitaria ser "instrumentalizado" em função de interesses que são intrínsecos à esfera social e às suas demandas. Os saberes instrumentais são fundamentais para o exercício do trabalho, do agir técnico, do exercer determinadas habilidades. Já os saberes práticos, de cunho moral, permitem o entendimento entre os indivíduos de que, no processo autorreflexivo, analisa a maneira e os meios pelos quais o saber instrumental avança na sociedade, prejudicando as pessoas e não levando em consideração o outro. Já o saber emancipatório permite a instauração do processo de criticidade e desnaturalização do saber instrumental, tão característico na atual sociedade industrial avançada.

Os desafios de reunir esses pressupostos no âmbito educacional se concentravam, também, no desenvolvimento de modelos de ensino-aprendizagem e avaliativos que ampliassem a capacidade de metacognição e automonitoramento decorrentes do desenvolvimento de habilidades críticas e suas relações com a natureza externa do indivíduo, condizendo, assim, com uma aprendizagem significativa.

Tais desafios possibilitaram que tal abordagem fosse amadurecendo em âmbito global, repercutindo no desenvolvimento de várias abordagens inclinadas em função dos referenciais teóricos vinculados a cada comunidade de educadores em ciências.

Juntamente com a evolução da CTS, a busca dos pesquisadores por referenciais teóricos que sustentavam suas ideologias e seus interesses permitiu que tal abordagem tivesse várias conotações, como, por exemplo, uma CTS voltada para o desenvolvimento da cidadania, uma CTS mais pragmática (centrada no estudo de objetos técnicos) e, no caso do Brasil, uma CTS fundamentada na abordagem freiriana. Enquanto isso, países como Canadá e Israel procuraram abraçar as questões ambientais, surgindo, assim, a CTSA.

A tentativa dos pesquisadores do ensino de ciências em integrar uma leitura humanística dessas relações com os conteúdos específicos das disciplinas de Química, Física e Biologia possibilitou a criação de diferentes cursos e programas, os quais variavam de acordo com a ênfase dada aos conteúdos de CTS em relação aos conteúdos específicos de cada disciplina. Características interdisciplinares foram um elemento importante na integração do conteúdo CTS e o científico, assinalando a ausência do protecionismo conteudístico no que tange à ciência escolar tradicional.

Nessa conjuntura, a abordagem CTS e CTS(A) vem sofrendo críticas a respeito dos objetivos e fins da institucionalização no currículo de Ciências, como também em relação à devida importância a respeito das escolhas feitas pelos estudantes em um contexto de temas sociocientíficos. Não há uma análise do processo e do poder discursivo, assim como as implicações éticas das escolhas dos alunos e do desenvolvimento moral atrelado a isso (Zeidler et al., 2005).

> O ensino tradicional de CTS(A) [...] apenas busca dilemas éticos ou controvérsias, mas não necessariamente explora o poder pedagógico do discurso, do raciocínio da argumentação, explicita considerações a respeito da natureza da ciência, emotivo, desenvolvimento, cultural ou as interconexões epistemológicas dentro desses temas. Portanto a abordagem CTS(A) tem se tornado algo marginalizado no currículo e na prática (Zeidler et al., 2005, p.359).

De fato, ao mesmo tempo em que se almeja assegurar uma intersubjetividade entre os saberes técnicos, práticos e hermenêuticos capaz de orientar as próprias ações com vistas à interpretação da modernidade, das tradições culturais e do legado científico-tecnológico, tem-se também corroborado com o *status quo* da razão instrumental na busca de delimitação metafísica da área do objeto cognoscível (materiais de CTS), além da justificação lógico-psicológica caracterizada por uma linguagem formalizada.

Deste modo, algumas formas de abordagem das relações CTS possuem uma concepção positivista, caracterizada pela indissociável separação da teoria e prática, reduzindo-se a uma metodologia desamparada da autorreflexão, do pensamento filosófico.

O fato é que os currículos CTS(A) vêm sendo compreendidos como uma "quantidade de informações" que "asseguram a tomada de decisões", ao invés de desenvolverem habilidades de crítica e questionamento com respeito à sociedade (Barrett; Pedretti, 2006). As críticas lançadas por Barrett & Pedretti (2006) evidenciam que a forma como os conteúdos são trabalhados caracterizam como sendo uma reprodução social, ao invés de reconstrução social. Há uma complexidade intrínseca à prática de ensino que dificulta um tratamento do conteúdo de Ciências com o objetivo de atender o currículo oficial atrelado aos fins da CTSA.

A racionalidade do ensino tradicional não proporciona condições para que ocorra a transitoriedade dos conteúdos específicos de diversas disciplinas, os quais aparecem misturados ao se discutir algum tema sociocientífico.

Os temas sociocientíficos e a prática discursiva em sala de aula

Em face às críticas lançadas a respeito da marginalização e do viés informativo-reprodutivista de algumas abordagens de CTS(A), é importante pensar que os avanços das pesquisas sobre raciocínio informal e desenvolvimento moral são frutos de uma reconstrução pedagógica – sem rechaçar as contribuições realizadas – frente à natural mutação do contexto social.

A sociedade, ao longo dos tempos, sofre alterações impulsionadas pela reorganização sistêmica. Deste modo, é plausível que frente a essas tensões, a abordagem venha se estruturando com um corpo teórico mais robusto, trazendo, assim, elementos da psicologia da aprendizagem e do desenvolvimento moral. A CTS(A) tem de ser vista com uma construção social do conhecimento que se reconstrói na defesa de um objetivo único e universal da educação como direito humano.

É nesta direção que alguns pesquisadores (Abd-El-Khalick, 2003; Ratcliffe, M. e Grace, M., 2003; Zeidler, 2003; Kolsto, S., 2006.) vêm defendendo um tratamento mais acurado e holístico quanto às relações CTSA, buscando desvelar, por meio da análise qualitativa do discurso de alunos e professores, aspectos epistemológicos da natureza da ciência, das etapas do desenvolvimento moral da criança e do raciocínio informal que possam vir a contribuir para a aculturação científica em termos de raciocínio crítico, ponderando, assim, elementos morais e éticos para a compreensão de temas controversos e desenvolvimento da cidadania.

Se houver disposição em promover as habilidades críticas dos alunos em termos dos parâmetros defendidos neste trabalho, fundamentado, na criticidade, em avaliar o custo e benefício das necessidades individuais em detrimento das sociais ou vice-versa, é necessário que o educando saiba avaliar as evidências presentes em *dados* vinculados aos editoriais de divulgação científica a respeito do aquecimento global, alimentos geneticamente modificados ou os impactos socioambientais da produção e consumo de energia. Que este saiba avaliar as condições com que tais dados foram coletados, apresentar contraevidências, fazer inferências a respeito do tema em debate e avaliar como tais dados influenciam a sociedade.

É daí que decorre a importância de se discutir o papel dos temas controversos nas relações CTS(A) e os aspectos morais e éticos envolvidos na

construção do conhecimento técnico-científico de maneira a sustentar a participação da população em diálogos antes destinados tão e somente aos especialistas alocados na dimensão da esfera pública.

O ensino tradicional dificulta a participação dos alunos em um processo comunicativo de ordem coletiva, e não promove, também, a interface entre o conhecimento escolar e o social, reduzindo, assim, o conhecimento escolar à sala de aula e a exames para a busca da excelência.

Assim, para que ocorra uma leitura do mundo, como também uma compreensão da constituição deste, torna-se necessário possibilitar o entendimento e a construção de saberes, como aqui defendido, por meio de uma "ação pragmática ou teórico-comunicativa da racionalidade" (Mühl, 2003).

A pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida em um colégio técnico público localizado em uma cidade do interior do Estado de São Paulo. O planejamento do minicurso *Energia e Desenvolvimento Humano* foi fundamentado em uma perspectiva educacional crítica, ou seja, a preocupação se reportava em propiciar condições nas quais os educandos pudessem expressar as suas visões de mundo e as impressões que tinham a respeito do conceito qualidade de vida, o qual era intrínseco ao um dos módulos que compunham o minicurso. Os dados foram coletados por meio de áudio e também das atividades realizadas pelos alunos durante esse encontro de duas horas.

Cabe ressaltar que esse minicurso possuía o caráter exploratório, pelo qual se busca analisar certas habilidades discursivas, como também examinar as suposições ideológicas que poderiam estar presentes ou em desenvolvimento nos educandos. Assim, a proposta buscou utilizar textos, vídeos e gráficos fundamentados em uma estratégia que evidenciasse situações peculiares do nosso contexto moderno, convidando os alunos a terem uma análise crítica, avaliação de ideias, criação de hipóteses, identificação de alternativas quanto a uma situação controversa, que organizasse novas perspectivas e pontos de vistas diferentes frente ao conteúdo a ser discutido.

Acredita-se que tais condições estratégicas podem vir a potencializar a evocação das visões de mundo desses alunos, já que estes são seres históricos, sejam elas construídas ou não, por meio das influências da racionalida-

de positivista, além de permitir pensar e reorganizar as ações pedagógicas de cunho crítico.

Metodologia

A estratégia de sala de aula consistia na leitura de três textos e uma tabela que continha os dados relativos à oferta de energia elétrica interna no Brasil no ano base de 2006, como também a oferta de energia no mundo em 2004. Quanto aos dois primeiros textos, estes versavam sobre o conceito de qualidade de vida, sendo um fundamentado na concepção tecnicista de IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), e o outro com uma ênfase mais humanística, que levava em consideração conceitos de autonomia do sujeito social e inclusão social. O terceiro texto tinha como função contextualizar as demandas energéticas de uma família para suprir as necessidades básicas, como, por exemplo, alimentação, educação, saúde e moradia.

Foi solicitado que os alunos trabalhassem em duplas. Para cada dupla, foram distribuídas as tabelas de oferta de energia elétrica interna brasileira e mundial, o texto problematizador da ausência de energia, e para duplas diferentes, foi dado o texto de abordagem tecnicista e a outra humanística do conceito de qualidade de vida. A atividade requereu dos alunos leitura, dissertação e discussão com toda a classe quanto aos pontos que tanto a dupla como cada participante julgaram importantes.

A pesquisadora orientou os alunos quanto ao procedimento de leitura dos textos no intuito de que eles estabelecessem critérios de análise e encontrassem elementos que os ajudassem na construção das dissertações e, por conseguinte, no debate.

Análise do processo discursivo

Foi possível observar nessa aula a dificuldade de se instalar pontos de controvérsia no debate a respeito do conceito de Desenvolvimento Humano e qualidade de vida, como também não houve a possibilidade de averiguar se tal dificuldade surgiu devido à complexificação de entendimento dos textos por meio da estratégia metodológica de intertextualidade.

O primeiro sintoma dessa dificuldade emerge da amplitude da primeira etapa de instauração de uma discussão, a qual é caracterizada pela evocação do *background* de conhecimento do sujeito participativo, seja pelo contexto da aula (conteúdo curricular disponibilizado em aula) ou mesmo por meio das experiências de vida, quando ocorrem as expressões de opiniões sem necessariamente haver uma justificativa de aceitação ou refutação por parte dos outros participantes.

A intenção é que os alunos, após a leitura realizada em dupla, tenham a liberdade de expor suas opiniões fazendo-as compreensíveis aos outros colegas. Como parte dessa etapa, a manifestação linguística de A3 é interessante por caracterizar uma reelaboração superficial do conteúdo apresentado pelo texto.

> A3: Eles mostram que tem mais energia e mostram também que esses países que têm mais energia são mais desenvolvidos, tem um índice melhor. Aí você olha os outros países que não têm energia eles têm um índice pior!
>
> A3: ...aí você olha o outro e você vê que eles não têm energia, eles têm um índice menor, eles têm uma condição mais precária

Como o objetivo é instaurar uma discussão, foram lançados questionamentos pela pesquisadora (P) para A3, a fim de alargar o campo discursivo, já que havia sido constatada a superficialidade do discurso. Nesse sentido, P aceitou a posição do aluno a respeito das condições precárias de certas nações. No entanto, foi questionado o que seria um Índice de Desenvolvimento Humano satisfatório para essas populações. Em resposta a esta solicitação, decorreu o seguinte evento:

> A6: Longevidade, padrão de vida, alfabetização.
>
> P: É! A gente vai chegar nisso! E com relação ao texto do José Goldemberg com relação a esses três conceitos que colocou como IDH, Índice de Desenvolvimento Humano, são suficientes, por exemplo, para desenvolver uma nação no contexto que está o outro texto lá da Elizabeth (Senegal) ?
>
> A6: Eu acho que não!
>
> A5: Eu acho que não!
>
> P: Por que não?
>
> A6: Porque lá é outro padrão de vida, é precário, é outro padrão de vida (...) aí as pessoas falam da longevidade... *sei lá* (grifo nosso)

A sequência discursiva acima evidencia a criação de um obstáculo para o processo de discussão. Após a solicitação de uma explicação pela pesquisadora (P), o protagonista A6 tentou elaborar uma justificativa para a opinião lançada. No entanto, essa justificativa não obteve sucesso, já que não houve a elaboração de uma estrutura lógica plausível. Isso permitiu a reflexão quanto ao nível de entendimento de A6 por meio dos textos em relação ao conceito de Índice de Desenvolvimento Humano.

A ausência desse "saber" denunciado pela manifestação linguística de A6 expõe com veemência o contexto da ideológico tecnicista de supressão do potencial crítico, já que há indícios sintomáticos da dificuldade de análise crítica intertextual. Na sequência desse episódio, A3 tenta responder à diretiva elaborando uma justificativa que, em relação às suas crenças epistemológicas, torna-se coerente. Neste ínterim, A6 continua a participar da discussão, já que, aparentemente, expressa um entendimento frente à importância de participação em aula. No entanto, essas participações frente ao contexto de uma discussão crítica são insípidas, já que não sustentam as opiniões expressas, criando, assim, obstruções ao avanço do debate para que ocorra o desenvolvimento da compreensão do tema discutido.

Observou-se que os alunos ficavam presos ao conteúdo do texto e não evocavam as suas visões de mundo e experiências de vida. Eles atribuíam uma concepção de verdade aos textos naturalizando-os e dificultando o debate. Foram necessárias várias manifestações diretivas no intuito de pressionar os alunos a fim de desvelar o potencial crítico de cada um. Mas mesmo assim, as manifestações eram em grande parte imprecisas, e quando solicitados à defesa das opiniões, as justificativas lançadas pelos alunos eram tácitas, ambíguas e mal elaboradas quanto ao aspecto epistemológico e a estrutura argumentativa.

Aquilo que foi delegado como sendo intrínseco ao estágio de expressão de opiniões, ou seja, a busca de pontos de partida por cada participante, e que após essa etapa poderiam vir a ser defendidos, analisados e reconsiderados, de fato, não ocorreu de maneira fluida. Elementos de natureza da tecnologia não apareceram de modo claro e inteligível para que todos entendessem o que estava em discussão. Ao contrário, surgiram tais elementos de maneira truncada.

Como segue abaixo, a concepção de tecnologia expressa por A3 resgata a importância daquela para a promoção da qualidade de vida, ou seja, a contribuição da *tecnologia para a promoção do bem-estar social*.

A3: Ah, ele vai precisar de monte de coisas! É a *tecnologia* que ele tem que ter, tipo é a situação, é a moradia ...

P: Isso! Pode falar é para falar...

A3: São várias as coisas que ele tem que ter, tipo, tudo bem a *inclusão social* que eles deviam ter que eles não tem, e isso para eles gerarem de uma hora para outra... Putz! O processo mesmo é difícil!

No decorrer do processo discursivo, a pesquisadora informou aos alunos que não havia necessidade de ficarem presos aos textos. A intenção era de que eles mesmos, por meio de suas visões de mundo, articulassem os conceitos controversos de IDH desenvolvidos nos textos disponibilizados. Após essa enunciação, A3 manifestou-se contundentemente:

A3: Eu coloquei também no texto que nos Estados Unidos eles têm *uma longevidade boa, uma estrutura boa* e *um padrão de vida bom,* só que também este padrão de vida não é muito bom porque ele acaba usando dos recursos que ele tem, não acaba usando muito bem isso, ele não usa para uma coisa boa. Na alimentação, ele já começa com, tipo, com muita coisa é... num é bom para ele né... e também naaa... Tipo, ele é muito estressado por causa desse mundo que ele vive muita coisa, *muita tecnologia*. Ele não tem muito tempo para ficar com ele!

Após A3 ter expressado de maneira sucinta *a tecnologia como promoção do bem-estar social*, ela afirma que o excesso de tecnologia promove consequências negativas ao bem-estar social e individual do homem. Assim, há uma dicotomia na concepção da influência da tecnologia nos aspectos individuais e sociais, que ora é salvacionista, e em outro momento é tecnofóbica. Mas a expressão *muita tecnologia* leva a crer que A3 busca por um meio termo, ou seja, uma *concepção instrumentalista* que, de acordo com Borgmann (2005), o artefato tecnológico não é bom nem mal, ao contrário está estritamente relacionado com a maneira como a pessoa vai utilizá-lo. Assim, a tecnologia é desprovida de valores. O instrumentalismo concebe que as pessoas possuem um completo controle sobre a tecnologia. Mas para Borgmann, o grande problema é que as pessoas decidiram usá-los da mesma maneira, ou seja, na mesma concepção moral. Nesse contexto, há um impacto moral do produto tecnológico na sociedade.

A iniciativa de A3 decorrente da liberação das amarras textuais promoveu a exposição das próprias crenças e instigou a participação de outros

alunos. No entanto, as construções argumentativas (opinião + justificativa) eram deficientes em suas estruturas, mas foi possível compreender a análise de A5.

> P: E o pessoal! Você falou? Você falou de inclusão social?
>
> A5: É porque é assim, *é porque a base mesmo de uma qualidade de vida é a saúde, a educação, porque se ela não tiver isso, ela não vai ser alguém na sociedade,* né, humm... Com uma base para... é... participar do desenvolvimento... humm... né... *é, participar da política, uma pessoa ativa!* Como a mulher (...) como muitas outras pessoas que não vão sair daquilo

Apesar da estratégia lançada em relação a problematizar o conceito de qualidade de vida, os alunos tornaram-se muito arraigados a um único texto. Eles não conseguiam abstrair elementos do conteúdo veiculado em sala de aula com suas visões de mundo, estabelecer relações para que ocorresse uma aprendizagem significativa do ponto de vista da abordagem de temas sociocientíficos em CTS(A). Assim, houve a necessidade de deixar o tema principal de discussão e buscar exemplos no intuito de arejar a compreensão do que estava sendo discutido.

Após esse período, a discussão retornou ao seu objetivo de maneira anêmica, mas em via de solucionar a controvérsia entre o conceito de qualidade de vida de vertente tecnicista e a humanística ou subjetiva. Como, por exemplo, A4 :

> A4: P, no caso do Sakiko, eu acho que a gente éééé! Tem *uma parte lá que ele fala do IDH (...) e do Índice de Desenvolvimento Humano* ele fala dos diversos pontos de vista material. *Fala que tem que avaliar como a pessoa lê, o fato como a pessoa tá bem ou não tá bem (...) conscientemente ou não. Ele fala do fato humano mesmo! (...) diferentemente do fato econômico!* Então, no caso do desenvolvimento dele, realmente não é aplicado. Por causa do ponto de vista dele, embora os Estados Unidos seja um país superconsumista, muitas pessoas consomem muito porque têm dinheiro, mas psicologicamente falando, emocionalmente falando, elas não estão bem! Ela tenta encontrar no material que no emocional ela não tem! Então, nesse caso o nosso índice de desenvolvimento seria muito maior! Por quê? Normalmente o brasileiro é despreocupado! Pega um baiano da vida!

Apesar de a manifestação linguística estar um pouco mutilada, foi possível perceber que A4 exerceu uma atividade cognitiva intertextual, já que

relacionou as duas concepções de qualidade de vida. E ele continuou a sua fala acentuando que a qualidade de vida da população norte-americana é baixa devido à má alimentação, expondo, assim, uma concepção de que a *tecnologia influencia na promoção de maus hábitos alimentares*. Entretanto, ele utilizou como evidência para corroborar o seu argumento a população brasileira como elemento de comparação. Como segue abaixo:

> A4: Não é uma alimentação nutritiva! Embora eles comam muito, sejam obesos por isso! A maioria é desnutrido! Porque a alimentação não é rica na questão de proteína... de diversas pessoas. Então, se você for apurar todos esses fatores, embora o consumismo lá seja maior, o nosso IDH seria maior. *Porque humanamente... na parte humana mesmo, a gente vive melhor que eles. A preocupação é menos (...). Condição é maior! Tem todas essas coisas!*

Em decorrência dessa enunciação, A7 argumentou que a *população é dependente da tecnologia:*

> A7: *Eu acho que na realidade (...) que quase o mundo inteiro está muito mal acostumado com tudo.* Vai, vamos supor que você pega antigamente lá. É... eu cresci também em bairro de gente rica e eu peguei uma época que até os meus doze anos eu não tinha computador! Então eu posso dizer quanto eu deixei a minha vida voltada sempre para a tecnologia sendo que eu não tinha tecnologia! Aí se vê! Até os doze anos eu fazia coisas que antigamente a molecada fazia. Eu ia brincar e tal! Você dá muito mais valor na vida fazendo tudo isso! Só que (...)
> A7: Você não... tudo aquilo que você tem... *não precisa viver só para o computador!* Ou fazer e ficar o dia inteiro no computador! *É porque a tecnologia a minha vida é isso aqui agora!* Não, você pode ficar um tempo sem ficar na frente do computador e depois sair como moleque normal, ir para a rua jogar bola e fazer tudo isso e ser feliz nessas pequenas coisas! Como ela disse... eu passei muito tempo sem controle em casa e estou para te dizer que tem muita gente que passa sem o controle um dia e não sabe viver!

Desta maneira, foi solicitado que os alunos refletissem a respeito dos malefícios e benefícios da tecnologia frente à concepção de risco que possuíam. Em decorrência, ocorreram as seguintes manifestações:

> A4: No fato do risco, eu acho que a tecnologia é muito boa!
> P: Como assim?No fato do risco a tecnologia é muito boa!

> A4: Do ponto de vista que ela falou de melhorar o modo de vida (...). *Fatores de risco existem, evidentemente, só que a gente tem que saber ponderar até que ponto aquilo é bom.* Por exemplo, num dia frio, você está lá debaixo de trinta cobertas, vai lá para tirar aquelas cobertas, colocar o seu pé no chão gelado, para mudar de canal!

Nas manifestações linguísticas acima, A4 profere uma opinião que é ambígua. Em decorrência, P solicita que ele explique melhor a opinião. Para A4, tecnologia é boa, mas suas influências podem vir a prejudicar, assim, é importante avaliar o custo benefício do produto tecnológico. Na tentativa de sustentar o argumento, A4 utiliza de uma evidência empírica inadequada advinda das crenças pessoais e experiência de vida. Além do mais, ao utilizar tal artifício, este vem a corroborar a tese de Marcuse (1993) de que na sociedade industrial avançada, os indivíduos reconhecem-se nos *artefatos tecnológicos em função de uma necessidade supérflua.*

Considerações finais

As análises realizadas neste trabalho evidenciam uma dificuldade de elaborar um discurso que caracterize a importância do tema discutido. Mas ao mesmo tempo, pode-se perceber que os alunos reconhecem, superficialmente, os benefícios e os malefícios da tecnologia. Além do mais, durante todo o discurso, a tecnologia foi pensada como um artefato sem agência, ou seja, como já estivesse pronta e desvinculada das relações sociais. Não foi pensado pelos alunos a maneira como essas tecnologias chegam à sociedade e a importância de se refletir a respeito do processo de desenvolvimento tecnológico, as condições sociais, políticas e econômicas que levam instituições formadas por homens a determinados interesses que muitas vezes não coadunam com interesses sociais globais de promoção do bem-estar social de uma vertente humanística.

Por fim, cabe pontuar a necessidade de se desenvolver práticas de ensino voltadas à exploração de temas sociocientíficos, dando ênfase a uma prática discursiva na qual o aluno possa desenvolver uma estrutura argumentativa com significado, buscando por evidências e hipóteses a fim de elaborar uma leitura do mundo, de modo que perceba que a sociedade é passível de críticas e de uma reconstrução, já que é feita por homens.

Referências bibliográficas

ABD-EL-KHALICK, F. Socioscientific Issues in Pre-College Science Classroom. In: *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education*. Kluwer Academic Publishers, USA, 2003.

AINKENHEAD, G. Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, v.16, n.2, abr. 2005.

BARRETT S. E.; PEDRETTI, E. Constrasting Orientations: STSE for Social Reconstruction or Social Reproduction? *School Science and Mathematics,* v.106, pp.237-247, 2005.

BORGAMNN, A. La Tecnología y La Búsqueda de La Felicidad. *Revista Iberoamericana de Ciência, Tecnología y Sociedad – CTS*. Argentina. v.2, n.005, pp.81-93, 2005.

KOLSTO, S. Patterns in Student´s Argumentation Confronted with a Risk – focused Socio-Scientific Issue. Journal of Science Education. v.28, n.14, pp.1.689-1.716, 2006.

MARCUSE, H. *El hombre unidimensional: ensayo sobre la ideología de la sociedad industrial avanzada*. Barcelona: Printer, 1993.

MÜHL, E. H. *Habermas e a Educação: ação pedagógica como agir comunicativo*. Passo Fundo: UPF, 2003.

RATCLIFFE, M. & GRACE, M. *Science Education For Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues.* Open University Press. USA. 2003

ZEIDLER, D. & KEEFER, M. In: ZEIDLER, D. L. (Org.) *The Role of Moral Reasoning on SocioScientific Issues and Discourse in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003.

ZEIDLER, D.; SADLER, T.; SIMMONS, M. L.; HOWES, E. V. Beyond STS: A research – Based Framework for Socioscientific Issues Education. *Science Education*, v.89, pp.357 -377, 2005.

15
Ensino de Ciências para cidadania a partir do desenvolvimento de habilidades de negociação em estudantes de Ensino Médio

Leonardo Fabio Martínez Pérez[1]
Fábio Luís De Marcos Cattuzzo[2]
Washington Luiz Pacheco de Carvalho[3]

Introdução

A constituição de uma cidadania democrática com foco em temas controversos de Ciência e Tecnologia pressupõe uma efetiva participação dos cidadãos na tomada de decisões. Assim, o futuro do conhecimento científico e tecnológico não pode ser responsabilidade apenas dos cientistas, governos, especialistas ou qualquer outro ator social, sendo necessária a constituição de uma cidadania ativa (Reis, 2004). Cidadania que não se ensina, mas se conquista, em um processo que o sujeito vai construindo à medida que luta por seus direitos e reivindica valores e princípios éticos (Santos e Schnetzer, 2003).

O exercício da cidadania só pode desenvolver-se plenamente em uma sociedade legitimamente democrática, que deve fornecer à maioria dos cidadãos sua participação efetiva no poder. Embora a participação real ainda seja um ideal que não se concretizou até o momento, é necessário continuar

1 UPN – "Universidad Pedagógica Nacional" – Bogotá/Colômbia. Docente do Departamento de Química. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista (Unesp). Bauru. Bolsista da Capes/CNPq – IEL Nacional – Brasil. E- mail: leonarquimica@gmail.com.
2 Professor efetivo da Rede Estadual Paulista de ensino. E-mail: f_cattuzzo@yahoo.com.br.
3 Unesp – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia/*campus* de Ilha Solteira. Professor adjunto, Departamento de Física e Química. E-mail: washcar@dfq.feis.unesp.br.

desenvolvendo processos de formação que contribuam para o *empowerment*[4] dos sujeitos na constituição de sua cidadania.

A importância da educação cidadã no Ensino de Ciências foi destacada desde o ano 1971, quando Jim Gallagher, editor da revista *Science Education*, afirmou "que para a formação de futuros cidadãos, em uma sociedade democrática, era tão importante compreender as relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (CTS) quanto entender os conceitos e processos da Ciência" (Aikenhead, 2005, p.115). Embora desde os anos de Gallagher tenham se desenvolvido árduos esforços para constituir um Ensino de Ciências comprometido com a formação de estudantes capazes de posicionar-se diante das controvérsias da Ciência e da Tecnologia abrangidas no mundo atual, ainda é necessária uma compreensão significativa de muitas áreas da educação para a cidadania na prática (KERR, 1999, apud Ratcliffe e Grace, 2003).

Neste sentido, pensamos que o Ensino de Ciências voltado para uma educação para a cidadania pode ser dirigido a um olhar crítico, ou seja, é necessária uma reflexão das práticas dos professores em termos de problematizá-las e fazê-las objeto de pesquisa e transformação.

O Ensino de Ciências para a cidadania pode ser dirigido à participação dos estudantes, dado que essa é uma característica fundamental de sua constituição, exigindo dos professores compromisso com a elaboração de propostas concretas na sala de aula que ofereçam ambientes de discussão que não só potencializem a participação ativa dos estudantes, mas também lhes permitam desenvolver um raciocínio lógico e crítico. Assim, é necessário que os estudantes participem de projetos que abordem questões relativas à Ciência, Tecnologia e seus correspondentes impactos ambientais (Carvalho, 2005).

Um aspecto importante do Ensino de Ciências para a cidadania corresponde ao desenvolvimento de processos de negociação com os estudantes, uma vez que é preciso orientar os possíveis conflitos que podem emergir dos diferentes pontos de vista dos estudantes com relação aos impactos da Ciência e da Tecnologia na sociedade. Aprender a negociar como parte da educação cidadã constitui uma interpretação coletiva de uma determinada

4 Dado que este verbo tem um significado muito rico, mantivemos essa palavra no original que apresenta os seguintes significados: dar poder a; ativar a potencialidade criativa; desenvolver a potencialidade criativa do sujeito; dinamizar a potencialidade do sujeito.

situação, exigindo determinadas habilidades e responsabilidades, dado que toda negociação traz implicações nas ações e vidas das partes participantes do processo.

Segundo Berkowitz e Simmons (2003), a discussão negociada (*transactive discussion*) acontece quando uma intervenção razoável[5] manifesta-se sobre outra intervenção razoável. Um nível superior deste tipo de discussão é denominada "operacional" (*operational*)[6], que acontece quando um determinado raciocínio é transformado em função de outro raciocínio, requerendo que algum elemento ative a capacidade cognitiva do outro raciocínio. Isto é possível por meio da crítica, da ampliação ou da integração daquele. Outro nível inferior de discussão negociada é chamado de "representacional" (*representational*) e apresenta-se quando o raciocínio em função de outro somente é uma representação parafraseada, retroalimentação requerida, justaposição ou simplesmente uma justificativa deste. Uma terceira forma de negociação – que pode ser considerada como um nível intermediário – é designada com o nome de elicitação[7] (*elicitational*), que ocorre quando um aluno extrai um raciocínio a partir de outra representação externa, por exemplo, pedindo uma clarificação.

Tendo em vista a importância da negociação no Ensino de Ciências para a cidadania, o objetivo deste trabalho de pesquisa é analisar as habilidades de negociação desenvolvidas pelos estudantes de Ensino Médio ao participarem de uma simulação educativa sobre as implicações sociais e ambientais do uso de etanol como fonte de energia.

Metodologia

Reconhecendo a negociação como um processo intersubjetivo de troca de diferentes pontos de vista, consideramos pertinente desenvolver uma pesquisa qualitativa. Este tipo de pesquisa abrange um conjunto de práticas

5 Com intervenção razoável estamos indicando discursos que evidenciam uma maneira ordenada de pensar, que varia de acordo com a pessoa e que também é conhecido como raciocínio.

6 Operacional é compreendido como um nível de discussão negociada, que apresenta um conjunto de operações que os alunos desenvolvem na discussão, por exemplo, o raciocínio crítico, a ampliação competitiva, o esclarecimento, entre outras.

7 A palavra tem o sentido de elicitar (eliciar), ou seja, de extrair um enunciado, uma resposta ou julgamento de um determinado raciocínio.

interpretativas, nas quais os pesquisadores estudam as situações educativas em seus cenários sociais buscando entender os fenômenos em termos dos significados que as pessoas constroem.

De acordo com Denzin e Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa é caracterizada como uma concepção epistemológica pós-positivista ao confiar em múltiplos métodos a possibilidade de captar ao máximo possível a realidade social, que é considerada em permanente movimento e transformação.

Em conformidade com a perspectiva qualitativa adotada nesta pesquisa, em um primeiro momento, exploramos as opiniões dos alunos de Ensino Médio sobre os problemas ambientais de sua região e suas possíveis relações com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (CTS). A partir do reconhecimento dessas opiniões, desenvolvemos um trabalho de preparação com os alunos no intuito de construir um ambiente favorável de discussão sobre a questão sociocientífica do uso de etanol como fonte de energia.

Para potencializar a discussão entre os estudantes, usamos como estratégia de ensino a realização de uma simulação educativa segundo os trabalhos de Gordillo (2005); Martínez e Rojas (2006); Martinez, Peña e Villamil (2007).

Participaram da pesquisa vinte estudantes de 2ª série de Ensino Médio com idades entre 16 e 17 anos. A maior parte deles trabalhava normalmente como aprendiz, e seus familiares, em geral, no comércio, prestação de serviços, indústria ou lavouras da região. O estudo foi desenvolvido em uma escola pública da cidade de Agudos, interior do Estado de São Paulo, durante o segundo semestre do ano 2007 e parte do primeiro semestre do ano 2008. Atuaram como pesquisadores o professor responsável em ministrar a disciplina de Física que os estudantes cursavam naquele momento e um professor doutorando que apoiava o trabalho do professor da escola.

Resultados e análises

Primeiro momento: preparação dos estudantes para a discussão negociada

Coerentemente com o exposto na metodologia desta pesquisa, em um primeiro momento, foram caracterizadas as opiniões dos estudantes sobre problemas ambientais e suas possíveis relações com a Ciência, a Tecnologia

e a Sociedade, sendo essas opiniões importantes para o desenvolvimento de atividades do ensino que potencializaram a discussão entre os próprios estudantes. Para a caracterização dessas opiniões, foi adaptado um questionário (ver Anexo A) do trabalho de Martínez, Peña e Villamil (2007).

O questionário foi respondido pelos estudantes, e a discussão dos dados obtidos foi feita em termos descritivos. Neste sentido, encontrou-se uma maior frequência das respostas dos estudantes indicando que os problemas mais significativos da região estão relacionados com lixo, queimadas, desmatamento, falta da higiene, poluição do ar e poluição dos rios.

A maior parte dos estudantes considerou que a Ciência e a Tecnologia geram benefícios bem como prejuízos à sociedade. Os principais benefícios indicados foram os avanços na medicina, o aumento da industrialização, a preservação do meio ambiente, a construção de mais conhecimentos, a despoluição, o avanço tecnológico que resulta em condições sociais e um futuro melhor para a sociedade; já com relação aos prejuízos, há os relacionados ao meio ambiente e ao desemprego devido à tecnologia e à industrialização, utilização de energia que gera gases nocivos ao meio ambiente e aqueles devidos às queimadas de cana-de-açúcar.

De acordo com as opiniões dos estudantes, os danos mais comuns à região, referentes aos problemas ambientais identificados por eles, estão relacionados à poluição do ar, à possível falta de água potável, ao desmatamento que prejudica as plantas e a produção de alimentos, ao aquecimento global, à destruição da camada de ozônio e à queima de combustíveis fósseis. Além disso, comentaram sobre o problema do acúmulo de lixo nas cidades e de sua não destinação a locais adequados, sugerindo a substituição de materiais descartáveis por outros mais fáceis de decompor-se ou reciclar.

A partir das opiniões dos estudantes, planejou-se uma atividade de ensino por meio do uso de reportagens da mídia, com o intuito de os estudantes discutirem sobre as implicações sociais e ambientais do uso de etanol como fonte de energia. Para a seleção dessas reportagens, utilizaram-se os seguintes critérios: apresentação de vários atores sociais envolvidos na questão sociocientífica, atualidade das questões mostradas, duração, clareza, versatilidade e conteúdo das informações (ver Anexo B).

Quando o professor de Ciências decide usar reportagens da mídia em suas aulas, particularmente a apresentada na televisão, deve, além de construir critérios para sua seleção, favorecer sua problematização devido às

distorções que podem apresentar. Segundo Adorno (2003), os programas de televisão ou reportagens de jornais impressos criam uma realidade fictícia aos telespectadores, transformando-se em um instrumento de manipulação e dominação; embora isto seja normalmente assumido como verdade, a sociedade tem privilegiado esses meios de comunicação de massas. Essa ideia faz parte daquilo que Giroux (1997) denominou a cultura de massas ancorada na lógica desenvolvida pelo capitalismo ao longo do século XX, que além de produzir e distribuir mercadorias, reproduz e distribui sistemas de significados, gostos, disposições, atitudes e normas que são impostas como uma aparente forma de pensamento comum e legítimo para todos e todas, ocultando seu caráter manipulador e homogeneizante.

Diante do desenvolvimento de uma cultura de massas acríticas, é necessário que o Ensino de Ciências, voltado à formação para a cidadania, discuta o conteúdo e a forma como a mídia trabalha as questões sociocientíficas, fazendo com que os alunos debatam sobre elas e desenvolvam um raciocínio crítico e lógico, indispensável para a conquista de sua cidadania, que necessariamente abrange a apropriação de conhecimentos e habilidades.

Na perspectiva de problematizar as informações contidas nas cinco reportagens e começar uma discussão na sala de aula sobre o uso do álcool como fonte de energia, desenhou-se um guia de trabalho (ver Anexo C), no qual, além de relacionar as opiniões que tinham sido levantadas por meio do primeiro questionário com as informações fornecidas pelas reportagens, pediu-se para os alunos formarem grupos de trabalho, de acordo com os atores sociais descritos nesse guia. O propósito era que os estudantes descrevessem o ponto de vista de cada ator, seus interesses e suas percepções sobre o impacto da Ciência e da Tecnologia na sociedade.

As respostas dos alunos correspondentes à primeira atividade foram coletadas no mesmo dia em que os alunos assistiram às reportagens, no sentido de analisar a influência destas sobre as opiniões que já tinham sido levantadas com o primeiro questionário.

A partir dos resultados obtidos, foi possível constatar que os alunos reforçaram a opinião sobre as queimadas da cana-de-açúcar como um problema ambiental significativo. Da mesma forma, evidenciaram justificativas sobre os impactos sociais e ambientais gerados dessa atividade (poluição do ar e problemas respiratórios).

Em relação aos possíveis benefícios e/ou prejuízos associados aos conhecimentos científicos e tecnológicos subjacentes à geração de energia a partir do álcool, foi caracterizada uma opinião semelhante à determinada no primeiro questionário, no sentido que a maioria dos estudantes só referiu-se aos benefícios, entretanto, alguns só comentaram os prejuízos. Embora os estudantes ampliaram suas justificativas apontando aspectos fornecidos pelas reportagens, ao indicarem, por exemplo, que o uso de máquinas gera desemprego, continuam evidenciando uma visão da Ciência e Tecnologia em duas faces oponentes: uma que consideram como responsáveis pelos aspectos negativos na sociedade e outra que explicita aspectos positivos. Tais visões correspondem a uma percepção pública da Ciência que já tem sido evidenciada e discutida por outros trabalhos (Santos e Mortimer, 2000; Alves e Carvalho, 2005).

Com relação à análise das questões referentes à primeira atividade, relacionadas à opinião dos alunos sobre o uso de álcool como fonte de energia, constatou-se que um número significativo de estudantes concordou com seu uso. Como justificativa, os alunos mencionaram: é mais barato, menos poluente e gera desenvolvimento para o País. Nessas justificativas evidenciamos o desconhecimento dos estudantes com respeito às implicações socioambientais da produção de álcool em grande escala.

Os poucos alunos que não concordaram com o uso do etanol como fonte de energia argumentaram que ele é poluidor e, além disso, gera riquezas para empresários a partir da exploração dos trabalhadores.

Para terminar a primeira atividade da guia, perguntou-se aos alunos se gostariam de participar de uma discussão relacionada aos problemas levantados. A maior parte respondeu que sim, atribuindo à discussão um espaço importante para contrastar aspectos negativos, aspectos positivos e pontos desencontrados sobre a questão do álcool como fonte de energia. Com isto, existia uma motivação para favorecer uma discussão real na sala de aula, como instrumento de ensino para analisar os processos de negociação estabelecidos pelos estudantes.

Os itens da segunda atividade do guia tinham a intenção de realizar uma preparação dos alunos para sua participação na simulação educativa, na qual se estudaria o processo de negociação desenvolvido pelos alunos tendo em consideração os diferentes pontos de vista existentes sobre o uso de etanol como fonte de energia. No desenvolvimento dessa atividade, buscou-se

enriquecer as opiniões dos estudantes que os levassem também a melhorar suas compreensões sobre as implicações sociocientíficas e ambientais do uso de etanol como fonte de energia, de tal maneira que pudessem participar de melhor forma na simulação educativa.

Segundo momento: desenvolvimento da simulação educativa e análises das habilidades de negociação dos estudantes

A realização da simulação educativa foi feita a partir de uma situação hipotética, que consistia na instalação de uma usina de álcool próxima da cidade de Agudos, sobre a qual se gerou uma polêmica na população diante das implicações sociais e ambientais que compreendem a sua construção. No contexto dessa polêmica, supõe-se a realização de uma audiência pública, para que os diferentes atores sociais envolvidos no problema possam discutir seus pontos de vista a respeito das consequências que traz a construção da usina nas proximidades da cidade.

Com a simulação educativa, tanto construíamos um espaço concreto de discussão entre os alunos quanto favorecíamos uma contextualização social de alguns aspectos da Ciência e da Tecnologia, abrangidos nos possíveis impactos ao ambiente e à sociedade, advindos da instalação de uma usina de álcool.

A discussão desenvolvida na simulação educativa foi gravada e transcrita na íntegra. Para fazer as correspondentes análises, foram contadas 270 intervenções, sendo 163 dos estudantes e 107 dos professores pesquisadores que orientaram a discussão.

Para a análise das intervenções apresentadas ao longo da discussão desenvolvida entre os alunos, retomamos nosso referencial teórico sobre a negociação em Ensino de Ciências como um elemento importante para a formação para a cidadania (Berkowitz e Simmons, 2003).

A orientação do debate pelos professores pesquisadores compreendeu as habilidades ilustradas na Tabela 1. Das 107 intervenções registradas dos professores pesquisadores, identificamos 129 habilidades associadas à orientação da discussão dos alunos, encontrando 22 intervenções que contêm falas associadas a mais de uma habilidade.

Na Tabela 1, observamos que os professores pesquisadores favoreceram a discussão especialmente por meio de questionamentos. Além disso, des-

taca-se um bom número de falas associadas a sínteses dos pontos de vistas dos estudantes. Também se observa uma frequência menor de falas orientadas ao estabelecimento de condições para o desenvolvimento do diálogo e outras correspondentes a passar a palavra para um determinado ator. Em menor frequência, evidenciam-se intervenções para o fornecimento de informações.

Tabela 1: Habilidades dos professores pesquisadores para propiciar a participação e organizar a discussão.

Tipo de habilidade	Ação do professor associada à habilidade	Símbolo	Frequência
Propiciar a participação dos estudantes no debate.	Questionamentos.	PPQ	63
	Fornecimentos de informações ou conceitos.	PPF	12
	Passar a fala para outro aluno.	PPA	14
Organização do debate.	Elaboração de sínteses dos pontos de vista dos estudantes.	ODS	23
	Condições para dar continuidade ao diálogo (chamados de atenção ou reflexões sobre a importância de escutar o colega).	ODC	13
	Apresentação da estrutura do debate.	ODE	4
	Total		129

Para o desenvolvimento de discussões na sala de aula, o professor precisa possuir conhecimentos sobre o tema que é objeto de discussão, além de ter estruturado um conjunto de atividades prévias ao debate que o favoreça. Além disso, o professor necessita desenvolver habilidades para a orientação da discussão, a qual não acontece por mero interesse dos estudantes. Essas habilidades estão associadas a favorecer a participação dos alunos na discussão. Para isso, o predomínio de questionamentos e a elaboração de sínteses no transcurso da discussão são fundamentais, uma vez que instigam os alunos a expressarem suas opiniões sobre o assunto. Embora essas habilidades sejam as que mais contribuam para que os estudantes participem, manifestando seus pontos de vista, não se pode deixar de valorizar o papel que têm as outras habilidades, como o fornecimento de informações ou conceitos, simples intervenções para passar a fala a outro estudante e chamados de atenção, que são indispensáveis para dar continuidade aos diálogos.

As habilidades do professor para favorecer a participação dos estudantes estão também associadas ao desenvolvimento da negociação entre os estudantes, pois possibilitam a discussão organizada entre opiniões conflitantes, na perspectiva de estabelecer acordos temporais ou permanentes diante de uma determinada questão.

Para a análise da discussão desenvolvida com os estudantes sobre as implicações socioambientais do uso de etanol como fonte de energia, definimos como elementos de análise da discussão os três níveis da negociação (representacional, elicitação e operacional) propostos por Berkowitz e Simmons (2003). Na Tabela 2, apresentamos as habilidades associadas a cada nível.

Tabela 2: Níveis de negociação adaptados do trabalho de Berkowitz e Simmons (2003, p.131).

	Níveis da negociação		
	Representacional (R)	**Elicitação (*Elicitation*) (E)**	**Operacional (O)**
Habilidades de negociação	Retroalimentação requerida Parafrasear (R_1)	Complementação (E_1)	Esclarecimento (O_1)
			Esclarecimento competitivo (O_2)
	Paráfrase compartilhada (R_2)	Complementação (E_2)	Aprimoramento (O_3)
	Justificação requerida (R_3)		Aprimoramento superior (O_4)
	Justaposição (R_4)		Ampliação (O_5)
	Justaposição competitiva (R_5)		Ampliação competitiva (O_6)
	Retroalimentação requerida (R_6)		Contradição (O_7)
			Raciocínio crítico (O_8)

As 163 intervenções apresentadas pelos estudantes durante a discussão foram analisadas e classificadas em 169 habilidades de negociação descritas na Tabela 2. A diferença entre esses números é explicada pelo fato de algumas intervenções apresentarem duas habilidades. A maior parte das 169 habilidades dos alunos localiza-se no nível representacional (49,7%), uma parte importante (29,6%) encontra-se no nível operacional e uma minoria identifica-se no nível de elicitação (10,7%). Embora a maior parte dos estudantes permaneceram em um nível inferior – em termos das habilidades que precisam desenvolver para uma negociação –, é importante valorizar

significativamente a constituição de um número representativo de intervenções próprias do nível operacional, dado que a constituição desse nível abrange um processo difícil que implica um nível superior de entendimento e argumentação entre os participantes da discussão. Os avanços obtidos, no entanto, constituem um elemento importante para a educação cidadã dos estudantes.

Na perspectiva de entendermos as relações existentes entre as habilidades dos professores para favorecer a participação dos estudantes e o desenvolvimento de suas habilidades de negociação, analisamos as 270 intervenções registradas ao longo da discussão. Nas primeiras 24 intervenções, predominaram as habilidades de negociação correspondentes ao nível representacional, principalmente de retroalimentação requerida relacionada com as habilidades dos pesquisadores para apresentar, organizar e instalar o debate na sala de aula. Após a intervenção 24, identificamos o uso reiterativo de questionamentos pelos pesquisadores que favoreceram a aparição de habilidades operacionais de ampliação. No entanto, o uso excessivo de questionamentos registrados desde a intervenção 37 até a intervenção 69 não favoreceu a negociação no nível operacional, continuando a negociação em um nível inferior.

A partir da intervenção 70 até a intervenção 88, a discussão foi desenvolvida em um nível operacional pela própria interação entre os estudantes, os quais apresentaram esclarecimentos, ampliações, aprimoramentos e identificaram contradições. Não obstante, a negociação apresentou de novo um nível inferior (representacional) na intervenção 89, quando os pesquisadores realizaram questionamentos, e os estudantes responderam por meio de retroalimentações requeridas.

Destacamos na seguinte cena[8] (intervenção 95 até a intervenção 107 registradas na discussão), a articulação de varias habilidades dos professores pesquisadores para o favorecimento de habilidades de negociação dos estudantes no nível operacional.

---

8 Para a apresentação das cenas e suas análises, adotam-se as seguintes simbologias: [...] extração de uma parte da transcrição dos dados; [...] comentários sobre o andamento do debate; ... substitui os sinais de pontuação, indicando pausas. Há palavras grafadas incorretamente, devido à transcrição ter sido feita na íntegra. PP: Professor pesquisador; Ecid: estudantes do grupo dos cidadãos comuns; Ecom: estudantes do grupo da comunidade acadêmica; Egov: Estudantes do grupo dos governantes; Eemp: Estudantes do grupo dos empresários.

95. PP_1 (ODC, PPA): [...] e aí você também vai escutar... e aí o biocombustível. [o professor chama a atenção e após volta a organizar a discussão questionando sobre o etanol]
96. $Egov_1$ (O_4): O biocombustível... [fala com tom reflexivo] a gente vai produzir o ano todo... as queimadas, e pelo menos uma vez por mês ou duas vezes por mês, por aí... isso não vai poluir tanto quanto o biocombustível vai tirar a poluição... entendeu? [conversa na sala]
97. $Egov_3$ (O_1): A ideia de combustíveis é assim... por exemplo... numa época o álcool vai cair o preço pra caramba... mas numa época vai ser quase escasso o álcool... porque vai ter que... cortar a cana... a safra de novo
98. PP_1 (ODS, PPF, PPQ, PPA): Ta... olha... olha só aqui... eu penso que vocês colocaram duas coisas importantes... uma coisa para comunidade acadêmica e outra coisa para os empresários... a primeira coisa... foi em relação aos empresários que vão contribuir com o ambiente... já que vão produzir biocombustíveis e que o impacto ambiental da queima de cana não é muito grande aqui na cidade... isto aqui é para a comunidade acadêmica e para os empresários o problema dos preços... não é... vocês vão ter diferentes preços no mercado... vai ter diferentes preços em relação com a produção de álcool... agora... além disso... tem um problema do petróleo, não é... o petróleo... ele está muito caro ele é... vai ficar mais caro, como... é... é uma fonte não renovável... ele vai começar a diminuir... as pessoas podem aumentar... o que acham com isso?... primeiro a comunidade acadêmica com a primeira questão, e segundo os empresários com os preços. [os alunos ficam apreensivos e apresenta-se uma interrupção no turno dado que não respondem]
99. PP_1 (PPQ): A questão aqui é a questão de diminuir a contaminação com o uso do biocombustível... [há conversas ininteligíveis nos grupos]
100. PP_2 (ODC): Pessoal... [barulho na sala]
101. PP_1 (Outra fala): Não, tudo bem... [barulho na sala]
102. PP_2 (ODC): Vamos focar na participação... [os integrantes do grupo que representa a comunidade acadêmica dão risada e não respondem. Foi registrado em áudio o seguinte comentário, entre eles: por quê sempre eu... porque você é mais inteligente... não é isso que vocês têm que tentar entender... não volto abrir a boca...]
103. PP_1 (PPA): Ah... o quê pensam vocês?...dê sua opinião... tudo bem... então os empresários, o que pensam do problema dos preços?... fala aí...
104. PP_2 (PPA) Fala aí gente...
105. $Eemp_1$ (O_5): Acho melhor o processo da cana, geraria mais lucro, né... no momento... pois no momento em que o Brasil produziu o carro movido a biocombustível, pode ser aumentada a produção do álcool

> 106. PP_1 (PPA): Você acha que continua com a produção de álcool... e aqui... os governantes.
>
> 107. $Egov_3$ (O_7): Eu acho assim... o Brasil é bem rico em terras...aí vai dá pros empresários fazer a fazenda... tudo bem... as queimadas... nosso solo vão... bendizer é... estragar por causa das queimadas... então... eu acho que isso a gente vai perder bastante terra do Brasil... de verdade...

No entanto, desde a intervenção 108 até a intervenção 180, observamos que a desarticulação das habilidades dos professores pesquisadores influiu na negociação em um nível representacional, situação que é transformada pelos próprios estudantes, os quais conseguem estabelecer uma negociação no nível operacional por conta própria até a intervenção 220. Na última parte da discussão, a negociação permaneceu em um nível representacional.

Em síntese, pode-se dizer que o favorecimento da negociação em um determinado nível está relacionado tanto às habilidades do professor para favorecê-la quanto ao tipo de habilidade desenvolvida pelos estudantes, indicando que a negociação não segue um progresso linear. Essa tendência mostra que a aparição de uma intervenção correspondente a um nível representacional pode levar a um nível operacional, como também a aparição de um nível operacional pode levar a um nível representacional. No entanto, é claro que o nível de elicitação é um estado intermediário da negociação que pode servir para favorecer transições de nível, dependo das habilidades do professor bem como das habilidades dos estudantes.

Parece claro que o uso de questionamentos frequentes e bem direcionados favorece o desenvolvimento de habilidades de negociação operacional, além disso, a necessária organização do debate geralmente está relacionada com a aparição de habilidades representacionais.

Além de favorecer a participação por meio de questionamentos, a mera discussão entre os estudantes sem uma direta intervenção do professor parece ser uma estratégia potencialmente significativa para conseguir um nível superior de negociação (operacional), no entanto, é necessário aprofundar sobre o papel de outras habilidades do docente, como a construção de sínteses e o fornecimento de informações, dado que estas parecem desencadear um nível representacional ou operacional de negociação, dependendo de como sejam usadas.

Considerações finais

As opiniões dos estudantes sobre problemas ambientais de sua região, além de suas possíveis relações com a Ciência e Tecnologia, constituíram um material importante para desenvolver discussões na sala de aula sobre questões sociocientíficas na perspectiva de favorecer habilidades de negociação nos estudantes como parte de sua educação cidadã.

As habilidades de negociação correspondentes aos níveis representacional, elicitação e operacional, se desenvolvem de forma não linear, dependendo do tipo de habilidade experimentada por um determinado estudante ou da habilidade que o professor possua tanto para favorecer a participação dos estudantes quanto para organizar a discussão. Neste sentido, estabelece-se uma relação direta entre as mesmas habilidades de negociação dos estudantes com as habilidades do professor para favorecê-las.

O estudo sobre a potencialização das habilidades de negociação nos estudantes constitui uma questão de pesquisa fundamental para o Ensino de Ciências para a cidadania, dado que, conseguindo favorecer habilidades de nível superior (operacionais), vamos ter uma discussão rica em esclarecimentos, aprimoramentos, ampliações, raciocínio crítico e contradições lógicas; contribuindo, assim, na educação de um cidadão que efetivamente possa vivenciar sua cidadania em diversos espaços sociais diferentes da escola.

Contudo, é necessário alertar que o favorecimento da participação dos estudantes e o desenvolvimento de suas habilidades de negociação, na maior parte dos sujeitos que participam regularmente em uma sala de aula, não é uma tarefa fácil, sendo necessário tanto o planejamento de atividades de ensino que potencializem a discussão na sala de aula sobre questões sociocientíficas quanto o desenvolvimento de habilidades do professor que favoreçam o desenvolvimento de habilidades de negociação nos estudantes. Neste sentido, por meio da instauração de atividades de ensino como a apresentada neste trabalho (simulação educativa), se favorece a participação ativa dos estudantes no processo educacional de tal forma que são inseridos em um contexto de aprendizagem no qual expõem seus pontos de vista e posicionam-se sobre diferentes aspectos e situações sociais relacionadas com aspectos sociais e ambientais da Ciência e da Tecnologia.

Referências bibliográficas

ADORNO, T. *Educação e emancipação*. 3.ed. Tradução Wolfgang Leo Maar. Rio de Janeiro: Paz e terra. 190p, 2003.

AIKENHEAD, G. Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química,* v.16, n.2, pp.114-124, 2005.

ALVES, J.; CARVALHO, W. Implicações CTSA na visão de alunos do ensino médio a partir do acesso a múltiplas perspectivas de um caso de dano ambiental. In: NARDI, R.; BORGES, O. N. (Orgs.). ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, *Atas*...Bauru. 2005. CD-ROM.

BERKOWITZ, M.; SIMMONS, P. Integrating Science Education and Character Education: the role of peer discussion In: ZEIDLER, Dana (Org.). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, cap.6. pp.117-138, 2003.

CARVALHO, W. Cultura científica e cultura humanística: espaços, necessidades e expressões. Tese de livre docência. Unesp. 2005.

DEZIN, N.; LINCOLN Y. A disciplina e prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N; LINCOLN, Y. *O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens.* 2.ed. Tradução Sandra Regina Netz. Porto Alegre: Artmed, pp.15-41, 2006.

GIROUX, H. *Os professores como intelectuais*: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem. Tradução Daniel Bueno. Porto Alegre: Artes Médicas, 270p, 1997.

GORDILLO, M. *La vacuna del SIDA*: un caso sobre salud, investigación y derechos sociales. España: OEI, 2005.

MARTÍNEZ, L.; ROJAS, A. Estrategia didáctica con enfoque ciencia, tecnología sociedad y ambiente, para la enseñanza de tópicos de bioquímica. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología: Tecne, Episteme y Didaxis.* n.19, pp.44-62, 2006.

MARTÍNEZ, L.; PEÑA, D.; VILLAMIL, Y. Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de Casos Simulados: una experiencia en la Enseñanza de la Química. *Ciência & Ensino.* Número especial; 2007.

RATCLIFFE M.; GRACE M. *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University Press, 2003.

REIS, P. Controvérsias sociocientíficas: discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de ciências da Terra e da vida. 2004. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa. Disponível em: <http://pwp.netcabo.pt/PedroRochaReis/> Acesso em: 03 nov. 2007.

SANTOS, W.; SCHENETZLER, R. Educação em química: compromisso com a cidadania. 3.ed. Ijuí. RS: Unijui, 2003.

SANTOS, W.; MORTIMER, E. Uma análise de pressupostos teóricos na abordagem C-T-S (CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE) no contexto da educação brasileira. *Ensaio*. v.2, pp.133-162, 2000.

Anexos

Anexo A: Questionário de opiniões dos estudantes sobre problemas ambientais e suas relações com a ciência, a tecnologia e a sociedade.

1. Em sua opinião, quais são os problemas ambientais mais significativos enfrentados na região?
2. Considera que a Ciência e a Tecnologia geram benefícios ou prejuízos em relação com os problemas ambientais indicados? Quais?
3. Considera que os problemas ambientais indicados afetam de alguma forma a região onde vive? Comente.
4. Em sua opinião, quais são as possíveis soluções dos problemas indicados? Comente.
5. Quem são os responsáveis por desenvolver as possíveis soluções?
6. Você gostaria de participar de uma discussão com a finalidade de expor as suas ideias sobre os problemas ambientais indicados e as suas possíveis soluções? Comente.
7. Trabalha? Em que atividade?
8. Em que trabalham as pessoas de sua casa?

Anexo B: Critérios para a seleção das reportagens.

Critérios de seleção			
Nome da reportagem e dados de referência.	**Apresentação de atores sociais.**	**Clareza, versatilidade e conteúdo das informações.**	**Tempo de duração.**
Agroenergia: os desafios do álcool. **Jornal Nacional da Globo.** 4 jul. 2007. Disponível em: < http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0,,GIM697460-7823-AGROENERGIA+OS+DESAFIOS+DO+ALCOOL,00.html>. Acesso em: 3 out. 2007.	– Empresários[9] – Cidadãos[10] – Comunidade acadêmica[11]	– Abordagem de implicações socioambientais da produção de etanol. – Perspectivas econômicas do mercado do álcool. – Aspectos históricos do programa pró-álcool.	4.52 min.

Continua

9 Proprietários ou administradores de usinas, investidores estrangeiros, Petrobras.

10 População que pode se beneficiar ou ser prejudicadas pela indústria do álcool, trabalhadores rurais.

11 Professores ou pesquisadores de universidades ou outras instituições.

Continuação

Critérios de seleção			
Nome da reportagem e dados de referência.	**Apresentação de atores sociais.**	**Clareza, versatilidade e conteúdo das informações.**	**Tempo de duração.**
Energia e futuro. **Jornal da Globo.** 12 jul. 2007. Disponível em: <http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0,,GIM701010-7823-ENERGIA+E+FUTURO+A+ENERGIA+LIMPA+RENOVAVEL+E+BARATA,00.html>. Acesso em: 4 out. 2007	– Empresários – Comunidade acadêmica – Político (senador)	Descrição de aspectos sobre geração de energia a partir da cana-de-açúcar, plano energético e vantagens da produção de energia a partir da-cana-de-açúcar.	7.51 min.
Álcool: usineiros investem em plantação e novas usinas. **Jornal da Globo.** 1 dez. 2004. Disponível em: <http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0,,GIM231673-7823-ALCOOL+USINEIROS+INVESTEM+EM+PLANTACAO+E+EM+NOVAS+USINAS,00.html>. Acesso em: 5 out. 2007	– Cidadãos. – Empresários.	Apresentação do mapa de empregos associado à indústria do álcool e o impacto que traz esta indústria ao desenvolvimento de uma cidade.	7.11 min.
Anunciada a construção do primeiro álcoolduto do mundo. **Jornal das Dez.** 18 mai. 2007. Disponível em: <www.video.globo.com>. Acesso em: 5 out. 2007	– Empresários – Cidadãos (trabalhadores rurais)	Exposição do impacto socioambiental que abrange a construção de novas usinas de álcool.	2.24 min.

Anexo C: Guia de trabalho: O uso do álcool como fonte de energia: uma questão sociocientífica e ambiental de interesse para todos nós.

Agudos/SP, Ensino Médio: 2ª série B, Disciplina: Física

Apresentação

Caríssimos estudantes, com este guia nós pretendemos começar um trabalho de reflexão e discussão sobre diferentes questões sociais, científicas, tecnológicas e ambientais do uso do álcool como fonte de energia. Para isto, são importantes suas ideias, criatividade e participação.

Desde já os convidamos a emitir suas opiniões e questionamentos para uma atividade coletiva e enriquecedora.

Atividade 1. (Resolva os 4 itens na folha anexa)

Assista aos 5 (cinco) vídeos que vão ser apresentados, e de acordo com as informações e questões neles abordadas, desenvolva os seguintes itens:

1. Os problemas ambientais indicados abaixo foram levantados nesta sala, em conformidade com o preenchimento de um questionário.

   a) Queimadas b) Lixo c) Desmatamento
   d) Poluição do ar e) Falta de higiene f) Poluição dos rios

   Nota: outros problemas levantados não estão listados, pois a estes estão relacionados.

   Você acha que esses problemas têm alguma relação com o apresentado no vídeo? Comente.

2. Os conhecimentos científicos e tecnológicos que abrangem o uso de álcool como fonte de energia poderiam trazer benefícios e prejuízos à nossa sociedade? Comente.
3. Dê sua opinião sobre o uso do álcool como fonte de energia (mecânica, elétrica e outras. Concorda ou não com esse uso? Justifique.
4. Você acha que de acordo com os vídeos apresentados, teria participação nas discussões das questões nele apresentadas? Relate.

Atividade 2.

Os vídeos nos mostraram diferentes informações sobre o impacto social, econômico, político e ambiental que traz o desenvolvimento da indústria canavieira na produção do álcool e suas repercussões em vários segmentos. Além disso, expõe os pontos de vista de vários atores sociais (ver quadro 1), entre eles podemos citar 5 (cinco) principais (ver quadro 2).

Quadro 1: Significado dos atores sociais.

Os atores sociais são grupos de pessoas que desenvolvem atividades (econômicas, políticas, laborais, acadêmicas, religiosas, entre outras) de acordo com seus interesses, crenças, ideologias e visões de mundo.

Quadro 2: Atores sociais identificados nos vídeos.

i)	**Cidadãos comuns** Constituídos por pessoas da comunidade (trabalhadores rurais, consumidores, moradores próximos às plantações de cana-de-açúcar, entre outros).
ii)	**Empresários** Estrangeiros e brasileiros donos de usinas ou parte delas, ou investidores de capital.
iii)	**Governantes** Membros dos três poderes (Executivo, Legislativo e Judiciário), responsáveis pela administração e bem-estar dos cidadãos do seu País.
iv)	**Comunidade acadêmica** Grupos de pessoas relacionadas à produção, estudo e divulgação de conhecimentos científicos e tecnológicos.

De acordo com os atores, formem quatro grupos (cada grupo relacionado com um ator). Nesses grupos, trabalhem os seguintes itens:

- Descreva o ponto de vista do ator.
- Identifique os interesses do ator.
- A quem beneficiam esses interesses?
- Descreva o que pensa o ator escolhido sobre: i) desenvolvimento; ii) direitos e deveres dos cidadãos; iii) impacto social e ambiental da Ciência e da Tecnologia.

Para esse trabalho pode-se fazer uso de diferentes fontes de informações sobre os itens tratados, além das fornecidas pelos vídeos e professores.

Prepare para a próxima aula uma apresentação oral do trabalho relacionado aos itens descritos.

SOBRE O LIVRO
Formato: 16 x 23 cm
Mancha: 27,5 x 49,0 paicas
Tipologia: Horley Old Style 11/15
1ª edição: 2009

EQUIPE DE REALIZAÇÃO

Coordenação Geral
Marcos Keith Takahashi